



Aalborg Universitet

**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

## **Infralyd fra elektroovne (in Danish)**

Møller, Henrik; Kirk, Bjarne

*Publication date:*  
1980

*Document Version*  
Anden version

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Møller, H., & Kirk, B. (1980). *Infralyd fra elektroovne (in Danish)*. R : Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitet Nr. R 80-12

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

INFRALYD FRA ELEKTROOVNE

Henrik Møller

Bjarne Kirk

R 80-12

December 1980

Udført for Det Danske Stålvalseværk

Institut for Elektroniske Systemer

Aalborg Universitetscenter

Strandvejen 19

9000 Aalborg

## INDHOLD

side

1.	Resumé	1
2.	Indledning	2
3.	Målepositioner	4
4.	Måle- og analyseudstyr	6
5.	Målinger og analyser	8
6.	Kommentarer til målingerne	12
7.	Vurdering	17
8.	Konklusion	22
Bilag:	Analyser 1-30	23
	Litteraturfortegnelse	50

## 1. RESUME

Rapporten beskriver målinger af lavfrekvent støj fra elektriske lysbueovne hos Det Danske Stålvalseværk A/S, Frederiksværk. Målinger, der følger en hel ovncyklus, er foretaget i 4 punkter i ovnhallen. Yderligere er foretaget en kortvarig måling uden for ovnhallen.

Tidsforløbet af frekvensområderne 2-100 Hz, 2-20 Hz og 20-100 Hz samt tidsforløbet af 1/3 oktavbåndet omkring 100 Hz er udtegnet for hver måleposition. Ud fra tidsforløbet af den lavfrekvente støj er udvalgt et tidsrum, hvor begge lysbueovne er igang og et tidsrum, hvor ingen af ovnene er igang. Frekvensanalyser er foretaget i disse to tidsrum for hver måleposition.

Analyserne viser, at de ansatte i det daglige arbejde bliver udsat for høje infralydniveauer (90-110 dB).

Analyserne sammenholdes med norske, svenske og amerikanske retningslinier for maksimale infralydniveauer. De målte niveauer opfylder de norske og svenske krav, men overskrider klart de amerikanske retningslinier.

Det konkluderes, at de målte forekomster af infralyd ikke kan forventes at give direkte fysiologiske effekter; men indirekte fysiologiske effekter (stresseffekter) samt effekter på arbejdsevnen (herunder reaktionsevnen) kan ikke afvises.

Ligeledes konkluderes, at der ved de forekomne niveauer af infralyd kan forventes subjektive genevirkninger, alene i kraft af at lyden er hørbar. Det anføres, at yderligere forskning bør iværksættes vedrørende indirekte fysiologiske effekter (stress-effekter) og effekter på arbejdsevnen forårsaget af infralyd. Herudover bør betydningen af samtidig tilstedeværelse af støj i frekvensområdet 20-200 Hz undersøges.



## 2. INDLEDNING

Det i denne rapport beskrevne arbejde er en del af projektet "Støj fra elektriske lysbueovne" i henhold til kontrakt XLX/203/78-DA mellem Det Danske Stålvalseværk og Det Europæiske Kul- og Stålfællesskab. Projektets samlede formål er at give en vurdering af de skadelige virkninger af støj fra elektriske lysbueovne samt at anvise muligheder for nedsættelse af støjen. Projektet tager udgangspunkt i de konkrete forhold på Det Danske Stålvalseværks elektrostålværk i Frederiksværk.

Der er tidligere udført målinger af støj i elektrostålværker, og det er konstateret, at støjen er blandt de væsentligste arbejdsmiljøproblemer på disse arbejdspladser. Det vil derfor være af stor betydning at finde tekniske udveje for generelt at nedsætte støjniveauet på elektrostålværker. Disse muligheder er undersøgt af IFM Akustikbyrå, AB, Göteborg og beskrevet i delrapporten "Bullersänkning genom åtgärder på ugnen och i lokalen".

Blandt de støjtyper, som man har mistanke om særligt store forekomster af i elektrostålværker, er impulsstøj og infralyd. Derfor er problematikken vedrørende disse støjtyper undersøgt særskilt af henholdsvis Laboratoriet for Akustik, Danmarks tekniske Højskole, og Institut for Elektroniske Systemer, Aalborg Universitetscenter. I begge disse undersøgelser er forekomsten af den pågældende støjtype på elektrostålværket i Frederiksværk undersøgt og de mulige konsekvenser for de ansatte er vurderet på baggrund af den eksisterende viden om støjens virkninger. Arbejdet med impulsstøj er beskrevet i rapporten "Impulsstøj fra elektriske lysbueovne" medens nærværende rapport beskriver arbejdet med infralyd.

Infralyd er betegnelsen for lyde med frekvenser i området 2-20 Hz. Kun ved meget høje lydtryk kan infralyd høres, og den føles ofte mere som en "trykken" for ørerne end som en egentlig lyd. Der er ikke enighed blandt forskere om de eventuelle skade- og genevirkninger af infralyd, men de målte forekomster vil blive sat i relation til eksisterende standarder samt de nyeste forskningsresultater, som de blandt andet blev fremlagt på "Conference on Low Frequency Noise and Hearing" maj 1980 i Aalborg (ref. 4).

Det har været hævdet, at forekomst af lavfrekvensstøj (20-100 Hz) kan påvirke genevirkningen af infralyd, hvorfor det af hensyn til vurderingen heraf er valgt også at måle dette frekvensområde med (og af praktiske årsager helt op til 1 kHz).

I de næste to afsnit er de rent tekniske forhold i det udførte arbejde beskrevet (3. Målepositioner; 4. Måle- og analyseudstyr), medens afsnit 5 begrundet valget af analyser samt giver en slags indholdsfortegnelse til de udskrevne kurver, som alle er anbragt som bilag. I afsnit 6 knyttes tekniske kommentarer til målingerne, medens overvejelserne vedrørende infralydens betydning for arbejdsmiljøet findes i afsnit 7. Afsnit 8 er en sammendragende konklusion.

### 3. MÅLEPOSITIONER

Målingerne er foretaget med nogle faste mikrofonpositioner udvalgt på en sådan måde, at det er muligt at danne sig et billede af, hvilke lydtryk de ansatte udsættes for i det daglige arbejde.

Arbejdet i elektrostålværket styres fra det lydisolerede ovnkontrolrum, hvor personalet opholder sig en stor del af tiden. Under visse dele af smelteprocessen skal der dog foretages manuelle operationer ude ved selve ovnene, ligesom mange af de ret hyppige driftsforstyrrelser kræver arbejde her. Derfor tilbringer hovedparten af personalet en ikke uvæsentlig del af arbejdstiden i selve ovnhallen. Hertil kommer, at ovnhallen benyttes til gennemgang blandt andet til ovnkontrolrummet.

På figur 3.1 er vist en tegning af elektrostålværket med angivelse af fire mikrofonplaceringer A, B, C og D. Måleposition A er valgt midt mellem værkets to ovne, og her kan formentlig måles de største lydtryk, personalet normalt udsættes for. Position B er inde i ovnkontrolrummet, medens C er ude i ovnhallen ved en meget benyttet operatørplads.

Ved måling af støj eksisterer ikke mindst ved lave frekvenser en risiko for at stående bølger kan forårsage trykminimum i den aktuelle mikrofonposition, hvorved visse smalle frekvensbånd går mere eller mindre tabt ved målingen. For at kontrollere om dette er tilfældet, er mikrofonposition D tilføjet i et hjørne i bunden af ovnhallen.

For at få et indtryk af den støj, som slipper ud fra elektrostålværket, og som kunne tænkes at genere beboere i nærheden, er der foretaget en støjmåling i position E ca. 100 meter fra hallen i sydlig retning (ikke angivet på figur 3.1).



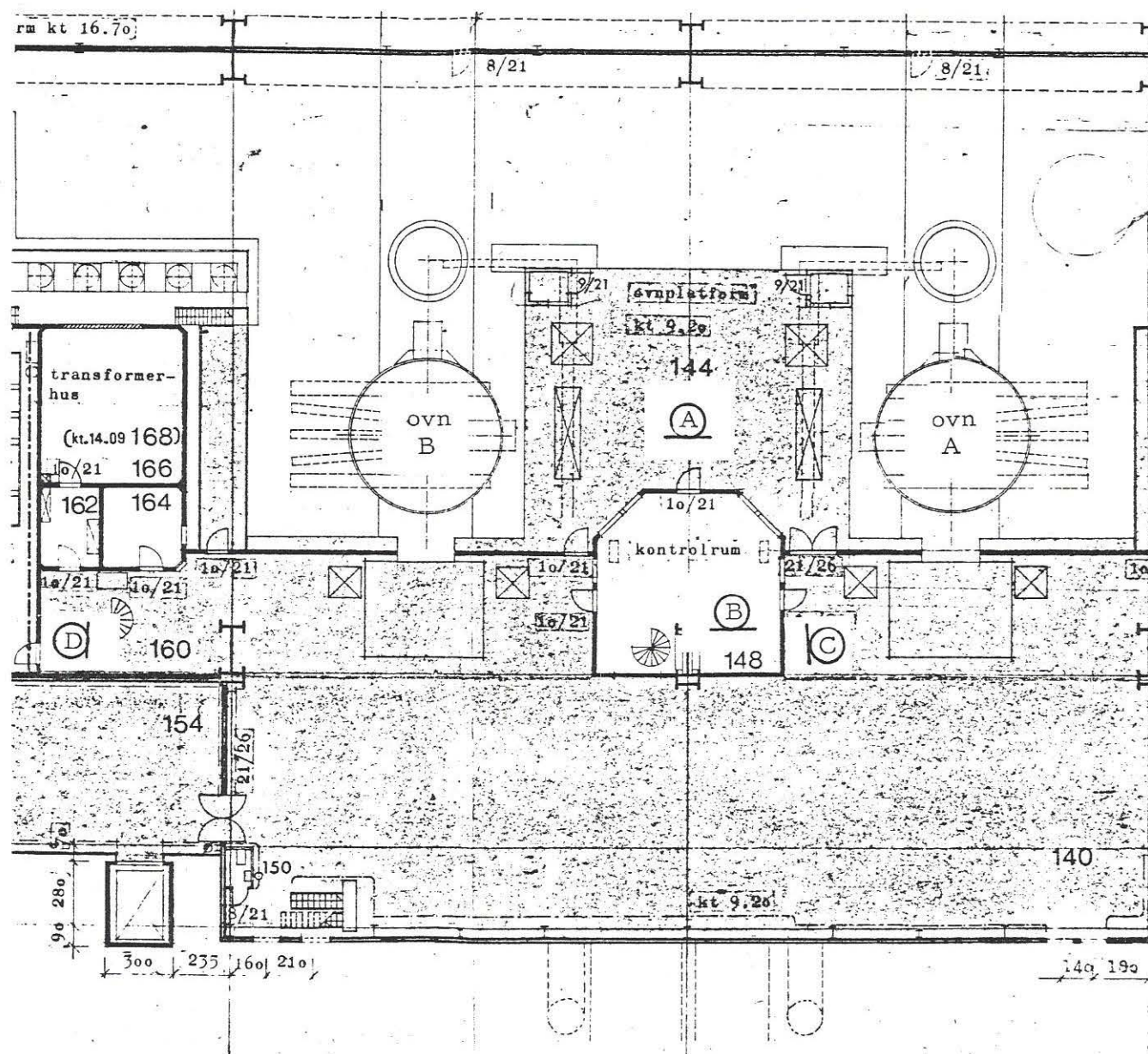


Fig. 3.1 Tegning af ovnhal med angivelse af målepositioner.

#### 4. MÅLE- OG ANALYSEUDSTYR

Til registrering af støjen er anvendt en lydtrykmåler (Brüel og Kjær, Impulse Precision Sound Level Meter, Type 2204). De elektriske signaler fra denne er optaget på FM-båndoptager (Brüel og Kjær, type 7003). Dette målesystem er transportabelt.

Lydtryksmåler Båndoptager

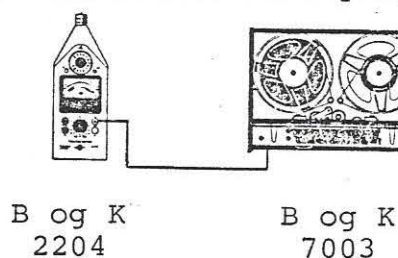


Fig. 4.1 Målesystem

Lydtryksmåleren kan registrere lyd ned til 2 Hz. Båndoptageren kan med den valgte båndhastighed optage fra DC (0 Hz) til 1000 Hz. Det samlede målesystem kan således registrere lyd i området 2-1000 Hz.

Til kalibrering af målesystemet er brugt en Brüel og Kjær kalibrator (type 4230).

Til analyse af støjen, som er optaget på båndoptageren, er sammensat et analysesystem i laboratoriet som vist på følgende figur.

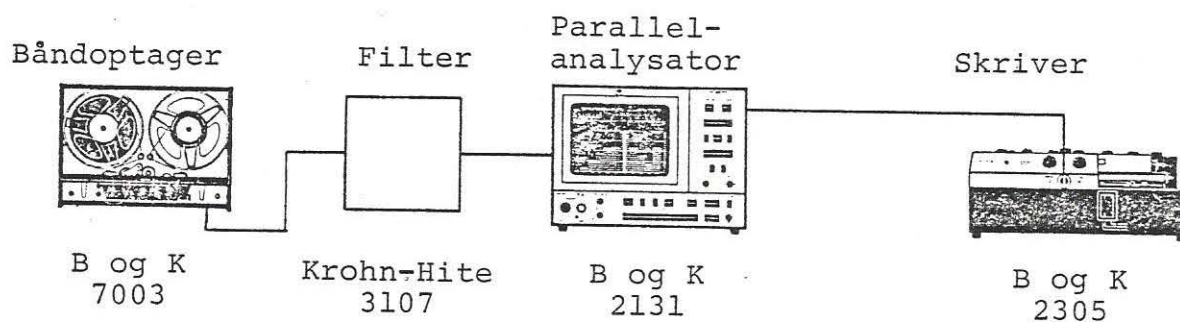


Fig. 4.2 Analysesystem

Fra båndoptageren sendes den registrerede støj gennem filteret, hvor det ønskede frekvensområde kan vælges. I parallelanalysatoren foretages signalbehandlingen automatisk og de derved fremkomne resultater skrives ud på skriveren.

Da støjen er optaget på båndoptager kan der foretages flere analyser for hver optagelse (måleposition); båndet kan blot spoles tilbage og en ny analyse kan foretages for samme måling.



## 5. MÅLINGER OG ANALYSER

Støjen fra en elektroovn er meget varierende igennem den ca. 2 1/2 timer lange smelteproces. Det er derfor valgt at optage støjen for hver af målepositionerne igennem en hel ovncyklus for mindst en af ovnene, hvorved støjen bliver registreret i alle faser af ovnprocesserne. Da ovnene ikke arbejder synkront, og driftsstop er ret almindelige, medfører dette ikke nødvendigvis, at begge ovne har været gennem en hel ovncyklus.

Målingerne er foretaget 12.-13. august samt 9. september 1980.

### Tidsforløb af støj

Støjniveauet fra elektrostålovne varierer meget, afhængigt af om elektroderne er tændt eller ikke. Det er derfor valgt at foretage analyser, der viser tidsforløbet af støjen.

For hver måleposition er det valgt at foretage 4 analyser, som viser tidsforløbet af forskellige frekvensområder:

- a) Den første analyse viser tidsforløbet af støjen i frekvensområdet 2-100 Hz. Dette frekvensområde dækker både infralydområdet og den lave ende af det såkaldte hørbare område.
- b) Dernæst er foretaget en analyse, hvor frekvensområdet er 2-20 Hz, altså det egentlige infralydområde.
- c) Analysen i frekvensområdet 20-200 Hz dækker det lavfrekvente område fraregnet infralydområdet. Analyserne b) og c) er altså udtryk for en opdeling af analyse a) på b) infralyd og c) lavfrekvensstøj.
- d) På grund af lysbuerne i ovnene opstår en kraftig 100 Hz tone. Tidsforløbet af 1/3 af oktavbåndet ved 100 Hz er udskrevet for at se hvor kraftigt lydtrykket af denne rene tone er.

Kurverne over tidsforløbet af støjen er skrevet ud med en tidskonstant på 20 sekunder.

På kurverne over tidsforløbet af støjen er vist procesforløbet i de to ovne. Disse angivelser er baseret på stålvalseværkets interne chargerapporter. Der er en del mindre uoverensstemmelser mellem chargerapporternes tidsangivelser, og dem der kan aflæses af støjen. Årsagen må være unøjagtige tidsangivelser i chargerapporterne.

Støjen i målepositionen E (udenfor ovnhallen) har vist sig at være meget lidt varierende i tid, hvorfor tidsforløbet kun er målt i en kort periode.

### Frekvensanalyser

For at se frekvensfordelingen i den lavfrekvente støj, er der foretaget en række frekvensanalyser. Det er valgt at foretage to 1/3 oktavs frekvensanalyser for hver måleposition:

- a) En frekvensanalyse ved højt støjniveau; det vil sige hvor begge ovnes elektroder er tilsluttet.
- b) En frekvensanalyse ved lavt niveau, hvor ingen af ovnenes elektroder er tilsluttet. Det lave niveau svarer til baggrundstøjen.

Udvælgelsen af højt og lavt niveau er foretaget udfra analyserne af tidsforløbet af støjen.

Hver frekvensanalyse er foretaget over en periode på 80 sekunder. På kurverne over tidsforløbet er angivet, hvornår frekvensanalyserne er foretaget.



De foretagne analyser er nummeret efter skemaerne i figur 5.1 og 5.2, og de findes som bilag.

Måleposition	Frekvensområde			
	2-100 Hz	2-20 Hz	20-100 Hz	100 Hz 1/3 okt.
A	1	2	3	4
B	5	6	7	8
C	9	10	11	12
D	13	14	15	16
E	17	18	19	20

Fig. 5.1 Nummerering af de foretagne analyser af tidsforløbet for støjen.

Måleposition	Niveau		
	Højt	Lavt	
A	21	22	
B	23	24	
C	25	26	
D	27	28	29
E	30		

Fig. 5.2 Nummerering af de foretagne frekvensanalyser

Analyse 29 er en "ekstra" frekvensanalyse, der er foretaget for at undersøge frekvensfordelingen af en markant støjspids, der ikke kan tilskrives nogle af de kendte ovnprocesser.

I målepositionen (E) udenfor ovnhallen er der kun foretaget en kort registrering af støjen, og der findes ikke noget højt og lavt niveau. Derfor er der kun foretaget en frekvensanalyse (analyse 30) for denne måleposition.

Ved den praktiske udførelse af analyserne er benyttet, at båndoptageren kan køre med 10 gange større hastighed, end der er anvendt under optagelse. Dette betyder, at analysetiden kan reduceres, samtidig med at frekvensområdet bliver rykket en dekade. Dette er der dog korrigeret for, således at angivelser af frekvens og tidskonstanter i dokumentationerne af analyseresultaterne henviser til de virkelige frekvenser og tidskonstanter.

## 6. KOMMENTARER TIL MÅLINGERNE

Støjniveauet fra elektrostålovne består af to elementer: baggrundsstøj og støj fra selve smeltningen med elektroderne. Hvis elektroderne er tændt stiger støjniveauet kraftigt.

Variationen af støjniveauet fra en ovncyklus for en elektrostålovn kan skitseres på følgende vis:

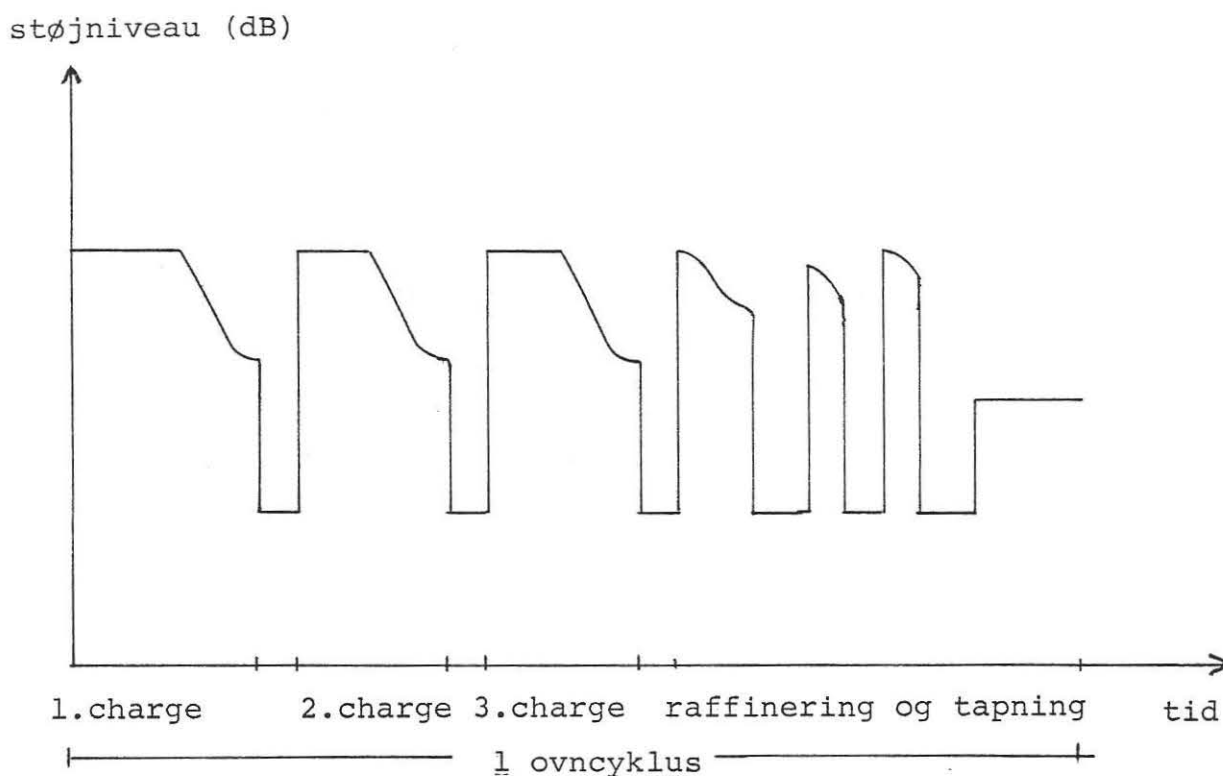


Fig. 6.1 Skitse af tidsforløbet af støjniveauet i en ovncyklus

Ved starten af hver charge er støjniveauet højest; når elektroderne har arbejdet sig ned gennem skrottet falder niveauet. Mellem de enkelte charges når støjniveauet helt ned på baggrunds niveauet, som formodentlig stammer fra ventilationsanlægget. Under raffineringen varierer støjniveauet en del, da elektroderne tændes og slukkes mange gange under denne proces.

Ved Det Danske Stålvalseværk er der to elektrostålovne i samme ovnhall. Støjniveauet i ovnhallen er således sammensat af støjniveauet fra to ovne. Tidsforløbet af støjniveauet i ovnhallen får derfor ikke samme forløb som skitseret ovenfor (Fig. 6.1). Forløbet bliver en blanding af støjniveauerne fra de to ovne.

Sammenholdes analyserne af tidsforløbet for støjen med tids-skalaerne for processerne ses for målepositionerne A, C og D tydeligt starten af de forskellige charges for hver ovn. Under nedsmeltningen af en charge stiger støjniveauet betydeligt.

Identifikationerne af de forskellige ovnprocesser kan bedst foretages ved analysen af tidsforløbet af 1/3 oktav båndet ved 100 Hz. Dette skyldes, at elektroderne udsender en kraftig 100 Hz tone, når de er tilsluttet. De 100 Hz opstår ved at elektroderne, når de er tilsluttet, tænder og slukker 100 gange i sekundet, da de forsynes med 50 Hz vekselstrøm.

Under raffinering og tapning ses af tidsforløbene, at støjniveauet varierer mere end under nedsmeltningen. Elektroder tilsluttes kortere tid under raffineringen.

Analyserne af tidsforløbet for støjen i måleposition B (i ovnkontrolrummet) indeholder en masse støjspidser. Disse spidser skyldes åbning og lukning af døre mellem ovnkontrolrummet og ovnhallen. Fra ovnhallen og ind til kontrolrummet er to lydsluser med tunge jerndøre, se figur 6.2. Spidserne skyldes både støjen fra selve lukningen af de tunge jerndøre og at støjen fra ovnhallen kan slippe igennem lydsluserne, idet begge døre i lydslusen kan stå åbne samtidigt.



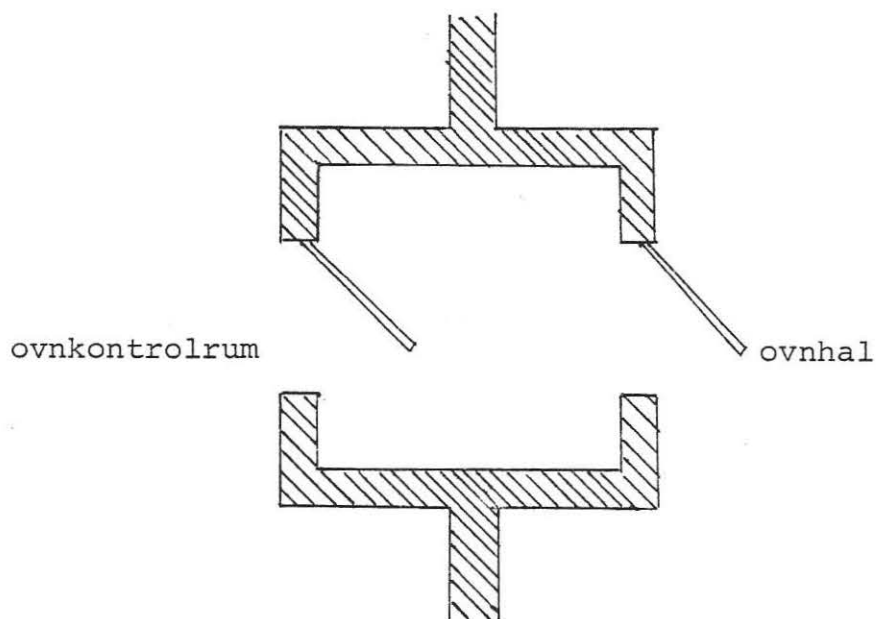


Fig. 6.2 Skitse af lydsluse

På grund af spidserne i tidsforløbene kan de enkelte ovnprocesser vanskeligt udskilles, dog kan starten af 3. charge (efter et service ophold) skelnes, specielt ved tidsforløbet af  $1/3$  oktav båndet ved 100 Hz.

Operatørpladsen (målepunkt C) er placeret op ad ovnkontrolrummet ved ovn A. Området her foran ovnene er afskærmet fra ovnhallen, idet taget er sænket til en højde af 2,5 m. Dette er blandt andet gjort for at dæmpe den direkt-strålende støj fra det øverste af ovnene.

Sammenholdes tidsforløbene fra målingerne mellem ovnene (analyse 1-4) med analyserne fra målingen ved operatørpladsen (9-12) ses, at støjniveauet ved operatørpladsen er meget lig med støjniveauet mellem ovnene. Støjen fra ovn B er dog dæmpet, idet kontrolrummet ligger mellem operatørpladsen og ovn B. Der er dog ikke sket en dæmpning i det analyserede frekvensområde af støjen fra ovnen nærmest (ovn A). Det skal dog påpeges, at målingerne de to steder ikke er sket parallelt, men på to forskellige tidspunkter.

Der er som tidligere beskrevet udført to  $1/3$  oktav frekvensanalyser for hver måleposition: En analyse for højt støjniveau og en analyse for lavt støjniveau.

Af frekvensanalyserne ses, at ved højt støjniveau (analyse 21, 23, 25 og 27) er 100 Hz båndet mest fremtrædende. Dette skyldes, at ved de høje støjniveauer er begge ovnes elektroder tilsluttet og disse udsender en kraftig 100 Hz tone.

På frekvensanalyserne 21, 25 og 27 ses kraftig støj i infralydområdet; specielt i 1/3 oktav båndene omkring 10 Hz, 12,5 Hz, 16 Hz og 20 Hz. Ved sammenligning af analyse 25 (som er fra målepositionen ved operatørpladsen) med analyse 21 og 27, ses at støjen i 1/3 oktav båndene omkring 10 Hz, 12,5 Hz, 16 Hz og 20 Hz er dæmpet. Sænkningen af taget ved operatørpladsen har tilsyneladende bevirket denne dæmpning.

Ligeledes ses af sammenligningen, at 1/3 oktav båndet ved 100 Hz er kraftigst ved operatørpladsen: ca. 10 dB højere end ved analyserne 21 og 27. Dette kan skyldes resonatorvirkning af hulrummet bag ovnkontrolrummet. Det skal dog igen understreges, at målingen ikke er foretaget parallelt. Analyse 23 ligner ikke de andre frekvensanalyser ved højt niveau. Spektret er næsten fladt under 100 Hz. Dette må skyldes støjen fra lukning af de tunge jerndøre mellem ovnhal og ovnkontrolrummet.

Frekvensanalyserne 22, 26 og 28 er analyser af støjen i ovnhallen ved lavt støjniveau; altså hvor ingen af ovnene er tilsluttet. Det ses, at spidsen i frekvensspektret ved 100 Hz ikke mere er fremtrædende. Da disse analyser er udført for baggrundsstøjen, skulle de ligne hinanden, hvilket også synes at være tilfældet. Spektrene fra analyserne i hjørnet af ovnhallen viser ikke spidser som ikke forefindes i spektrene fra de andre målepositioner.

På tidsforløbet for støjen fra målepunkt D (i hjørne af ovnhal) ses en kraftig støjspids. Denne spids er tydeligst ved analyse 15, som viser tidsforløbet af frekvensområdet 20-100 Hz. Støjspidsen kan ikke direkte henføres til en

ovnproces. En frekvensanalyse (analyse 29) af støjspidsen viser, at denne skyldes en kraftig støj i 1/3 oktav båndet ved 50 Hz. Hvor denne støj kommer fra kan ikke umiddelbart bestemmes.

For støjen optaget uden for ovnhallen er udført en frekvensanalyse (analyse 30). Analysen viser, at det lavfrekvente spekter (2-100 Hz) er fladt, hvorefter niveauet falder ved højere frekvenser.



## 7. VURDERING.

I dette afsnit skal gives en vurdering af, hvorledes den infralyd, som er målt i elektrostålværket, må formodes at påvirke de ansatte. Inden da skal det præciseres, at der ikke på alle punkter er enighed om omfanget af infralydens skadelige virkninger, hvilket dog også vil fremgå af det følgende. I konsekvens heraf har endnu kun få lande (heriblandt ikke Danmark) indført grænser for tilladelig infralydpåvirkning, og de grænser, der er fastsat, har været udsat for stærk kritik. På trods heraf vil udgangspunktet i første omgang være disse standarder.

Den svenske "anvisning" (ref. 1.) definerer infralyd som frekvenser i området 2-20 Hz, målt lineært i dette område. Lydniveauerne angives i dB(IL) og metoden svarer præcist til målingerne 2, 6, 10 og 14.

Der, hvor personalet opholder sig den største del af tiden, nemlig ovnkontrolrummet, ligger niveauerne mellem 84 og 99 dB(IL), det meste af tiden dog i området 89-94 dB(IL) (se analyse nr. 16). Udenfor ovnkontrolrummet er lydtrykket noget højere, 88-114 dB (analyserne 2, 10, 14). Selvom de 114 dB(IL) kun forekommer en enkelt gang kortvarigt ligger lydtrykket i lange perioder på 100-110 dB(IL). Lydtrykket er iøvrigt ikke meget forskelligt i de tre målepositioner A, C og D.

Den svenske anvisning tillader 8 timers daglig påvirkning ved niveauer op til 110 dB(IL), medens der ved 1 times daglig påvirkning accepteres helt op til 130 dB(IL). Kravene er altså fuldtud opfyldt.

Det norske "udkast" (ref. 2) stiller krav til oktavstøjbandene i frekvensområdet 4-31,5 Hz.

Intet niveau må være over 120 dB ved konstant påvirkning. Kort-



varigt (op til 1 time pr. dag) kan dog tillades 130 dB. Af analyserne 21-29 ses, at det kraftigste niveau, der er målt i dette frekvensområde er i måleposition A (analyse 21). Oktavbåndet ved 16 Hz vil indeholde 1/3 oktavbåndene 12.5, 16 og 20 Hz, ialt 112 dB. De norske krav er således også opfyldt.

De amerikanske retningslinier (ref. 3) er langt mere restriktive. De maksimale værdier er vist i figur. 7.1, hvoraf det fremgår, at der skelnes mellem påvirkninger med varigheder under 1 minut og over 100 minutter. Hvis varigheden er mellem 1 og 100 minutter pr. dag, reduceres ud fra 1-minutkurven med  $10 \cdot \log(t)$  dB, hvor  $t$  er varigheden i minutter. Grænserne må antages at være for rene toner, men kan antagelig benyttes for 1/3 oktavbånd.

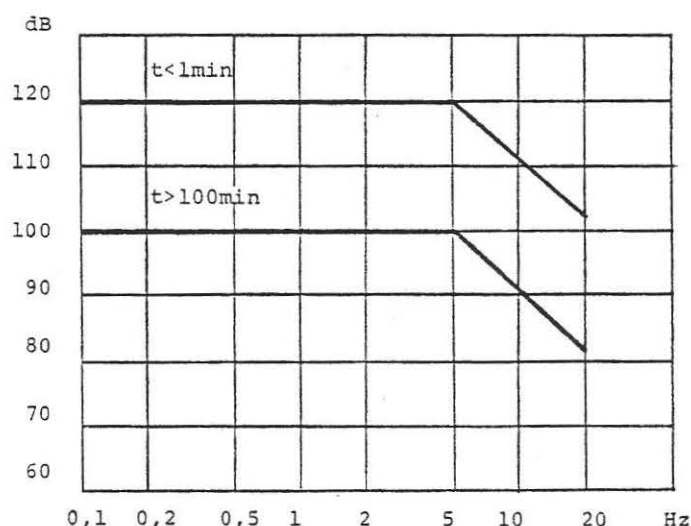


Fig. 7.1 Grafisk afbildning af amerikanske retningslinier for maksimalværdier for infralyd.

I kontrolrummet er påvirkningen et sted mellem spektrene 23 og 24. Da ovnene i almindelighed arbejder kraftigt mere end 100 minutter pr. dag vil det være rimeligt at sammenligne den kraftigste (analyse 23) med den nederste kurve på figur 7.1. Det tilladelige niveau nås netop ved 16 Hz (84 dB), og det overskrides med 3 dB ved 20 Hz (85 dB mod de tilladte 82 dB).

Udenfor kontrolrummet er overskridelserne langt alvorligere. Kriterierne afhænger af påvirkningstiden, som er meget afhængig af den pågældende dags driftsforhold. Et nogenlunde realistisk skøn kan være 30 minutters daglig påvirkning med effektmiddelværdien af de kraftigste spektre målt i positionerne A, C og D (analyserne 21, 25 og 27). I frekvensområdet 2-20 Hz fås spektret i figur 7.2, hvor også kriteriet for 30 minutters påvirkning er vist. Overskridelserne er ret væsentlige (10 Hz: 3.5 dB, 12,5 Hz: 11 dB, 16 Hz: 15 dB, 20 Hz: 10 dB). Hvis påvirkningstiden skønnes til 100 minutter, bliver overskridelserne 5 dB større, se figur 7.2.

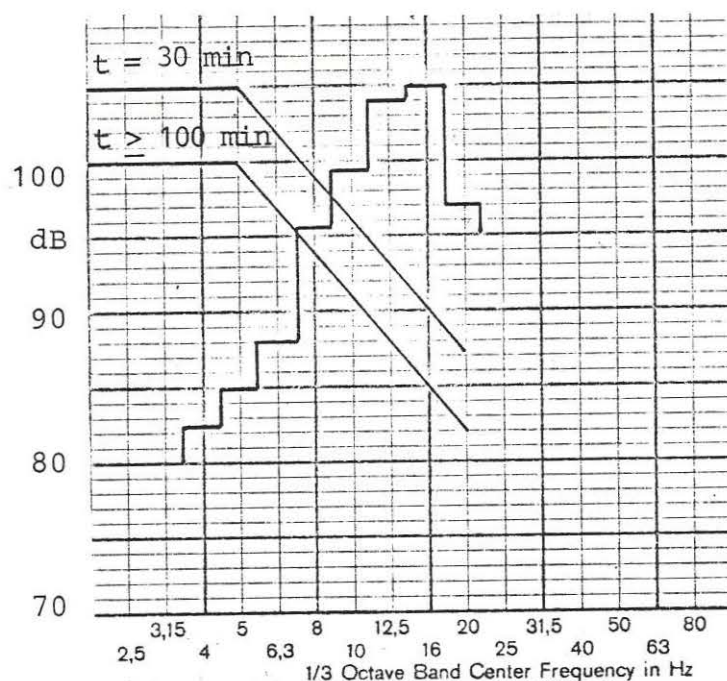


Fig. 7.2 Effektmiddelværdi af de kraftigste spektre for måleportionerne A, C og D, sammenholdt med amerikanske retningslinier.

Som tidligere anført er der ikke enighed blandt forskere om infralydens virkninger på mennesker. Uenigheden er dog blevet væsentligt mindre i de senere år og efter afholdelsen af "Conference on Low Frequency Noise and Hearing" i maj 1980 tegner der sig et klarere billede af, hvad vi allerede ved, og hvad der endnu mangler at blive undersøgt. På denne bag-

grund skal i det følgende gives en vurdering af infralyden på elektrostålværket.

Det ligger helt klar, at der findes en række direkte fysiologiske effekter af infralyd. Der kan være tale om påvirkning af ligevægtsorganerne, forstyrrelser af vejrtrækningen, vibring af legemsdele, mellemøretrykopbygning, høreskader m.m. Disse effekter regner man dog først med optræder ved meget høje lydtryk, og under ingen omstændigheder under 120-130 dB. Effekter af denne art kan således ikke forventes på elektrostålværket.

Derimod må man regne med at infralyden forårsager et vist subjektivt ubehag. Det er tidligere anført, at infralyd over et vist niveau er hørbart, og så snart en lyd er hørbar, kan man i princippet føle sig generet af den alene i kraft heraf. Da lydtrykket ikke skal hæves ret meget over tærskelværdien, før infralyd opfattes som værende meget kraftig, bør en grænse, som tager hensyn til den subjektive genevirkning, ligge ret tæt ved eller på tærskelkurven. Med et sådant kriterium som udgangspunkt vil grænserne blive overskredet betydeligt på elektrostålværket. Den umiddelbare genevirkning af hørbar infralyd undersøges i øjeblikket i et projektarbejde ved Aalborg Universitetscenter.

Et forhold som må tages i betragtning i denne forbindelse, er eventuel samtidig tilstedeværelse af almindelig lavfrekvent støj. Det har af flere forskere været hævdet, at lavfrekvent støj kan maskere infralyden, hvorfor hældningen af støjspektret i frekvensområdet 2-200 Hz får betydning. Dette er dog ikke nøjere undersøgt, men afklaringen heraf vil være af væsentlig betydning for vurderingen af støjgenerne på elektrostålværket, idet der her netop er tale om støj med et betydeligt lavfrekvensindhold (20-200 Hz).

Udover direkte fysiologiske virkninger ved høje niveauer og genevirkninger har der været vist nogle mere usikre påvirk-



ninger af arbejdsevnen (hastighed, nøjagtighed, reaktionstid, hukommelse m.m.) samt af visse fysiologiske parametre (blodtryk, puls, hormonproduktion, mavesyreproduktion m.m.) ved lavere niveauer. Mange forskere hælder idag til den anskuelse, at disse effekter er knyttet til den subjektive genevirkning og altså indirekte effekter af infralyden forårsaget af, at mennesker føler sig generet af lyden, alene i kraft af at de kan høre den. Der er dog ikke ført noget bevis herfor og yderligere forskning er påkrævet.

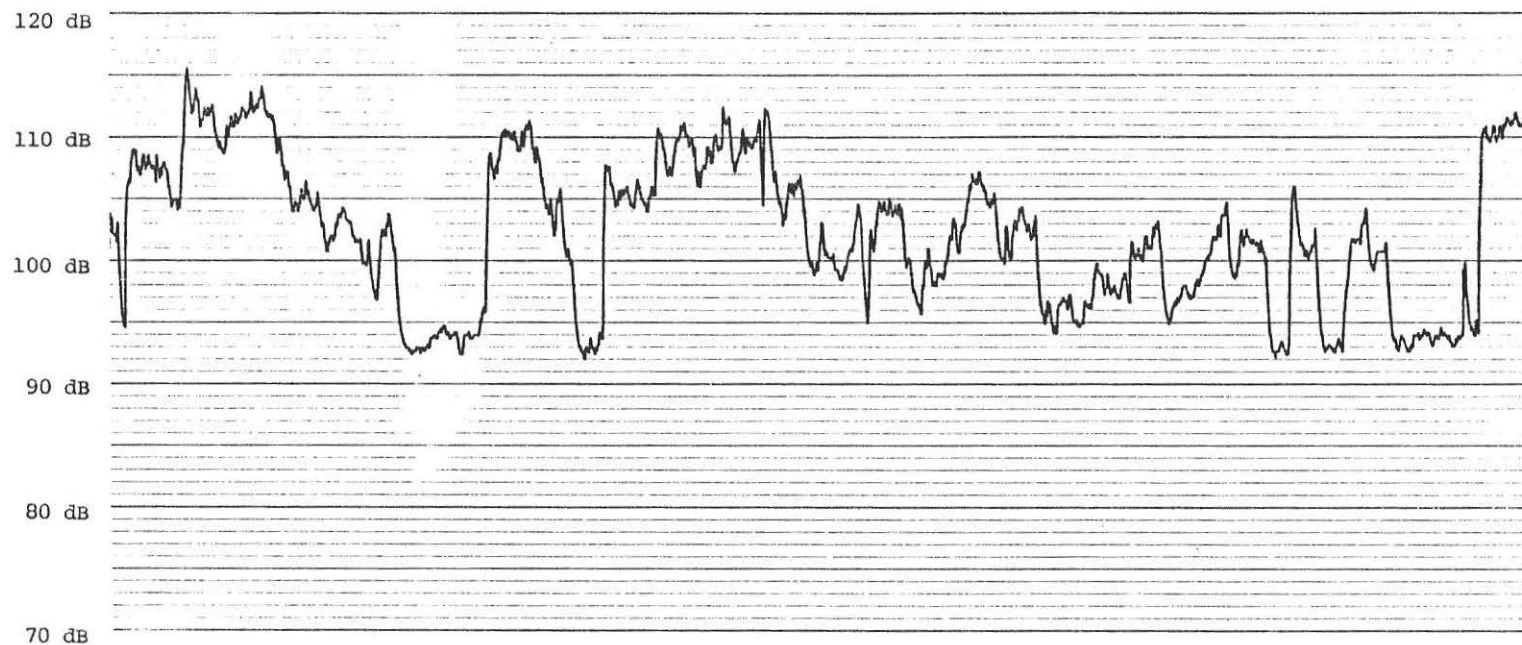
Uenigheden blandt forskerne er blandt andet kommet til udtryk i forskellene i de ovennævnte standarder. De to skandinaviske tager ikke hensyn til den subjektive genevirkning, mens den amerikanske på dette punkt er meget restriktiv, idet den for langtidspåvirkninger sikrer, at lyden ikke er hørbar. De skandinaviske har iøvrigt været kritiseret stærkt for, at de stiller samme krav for den høje og den lave ende af infralydspektret. Der er nok almindelig enighed om, at de mest restriktive krav bør stilles til de højeste infralydfrekvenser.

## 8. KONKLUSION

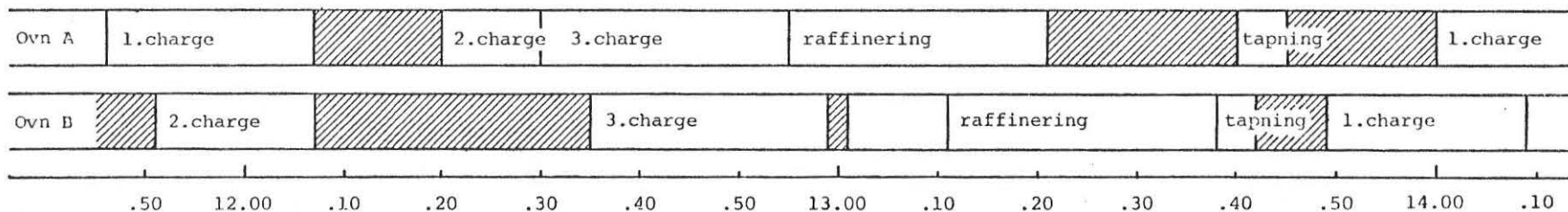
Ved støjmålinger i de områder af elektrostålværket, hvor der i almindelighed færdes mennesker, er det vist, at de ansatte i det daglige arbejde er udsat for høje infralydniveauer (90-110 dB). De målte forekomster giver anledning til at forvente subjektive gener (engelsk: annoyance) alene i kraft af, at lyden er hørbar. Derimod vil der næppe være tale om direkte fysiologiske effekter.

Indirekte fysiologiske effekter (stress-effekter) samt effekter på arbejdsevnen (heruder reaktionsevnen) kan ikke afvises, men en afklaring kræver yderligere forskningsindsats.

Udover infralyden er der ved målingerne konstateret usædvanlig kraftig støj i frekvensområdet 20-200 Hz. Dette vil uden tvivl have indflydelse på vurderingen af infralydens virkninger, men forholdene er ikke tilstrækkeligt udforskede, og nye undersøgelser bør udføres.



Frekvensanalyse ☐ 21 ☐ 22

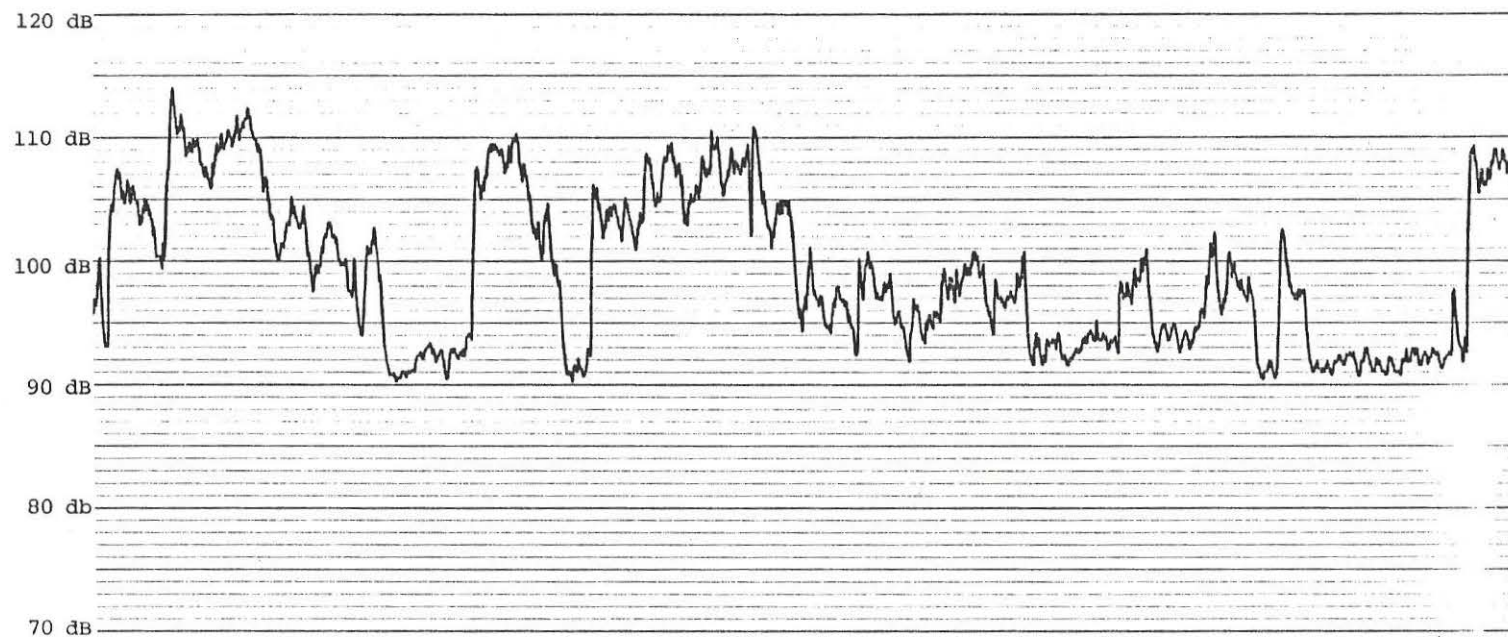


12. august 1980

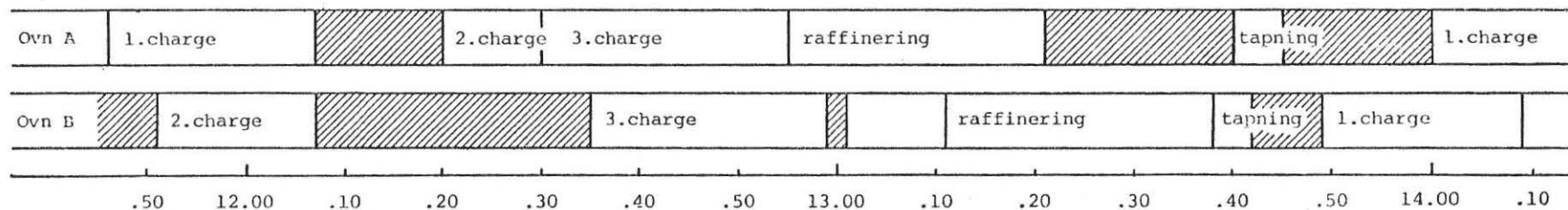
Analyse nr.: 1    Mikrofonposition: A    Frekvensområde: 2-100 Hz    Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.





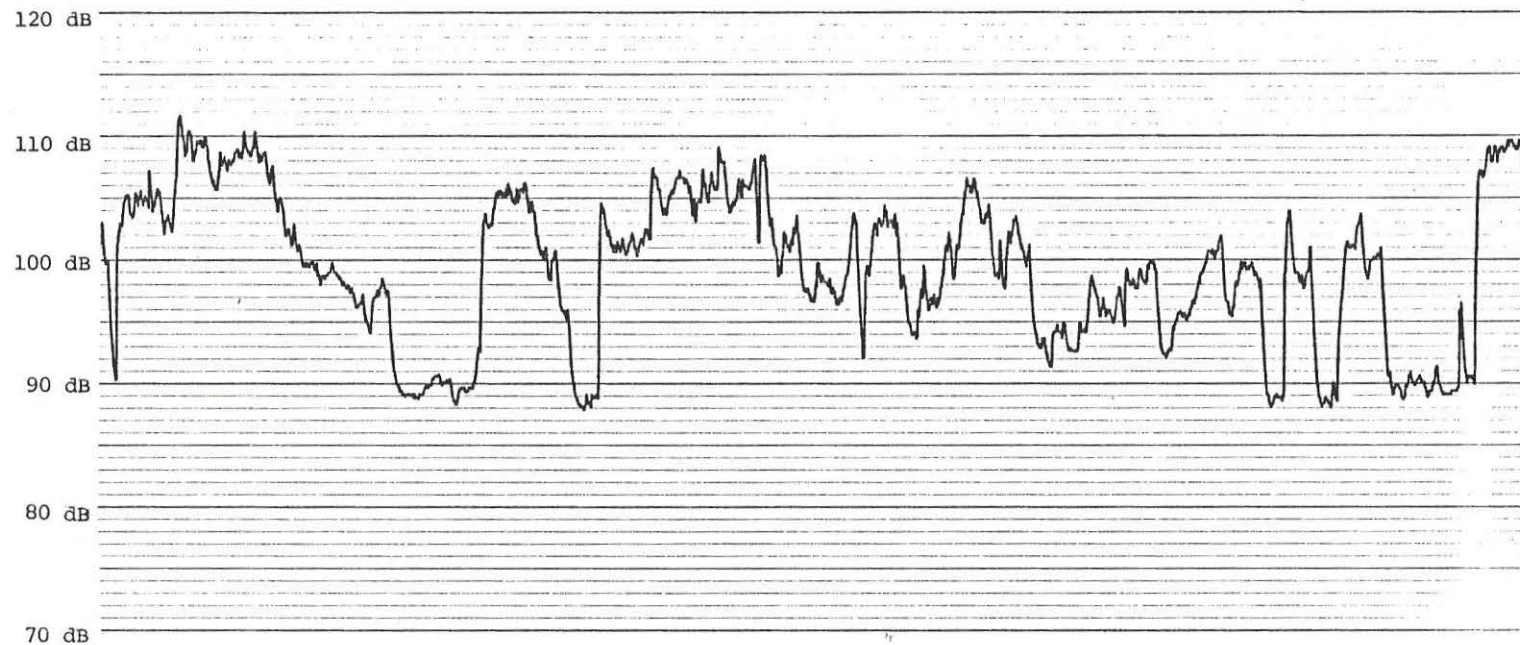
Frekvensanalyse ☐ 21 ☐ 22



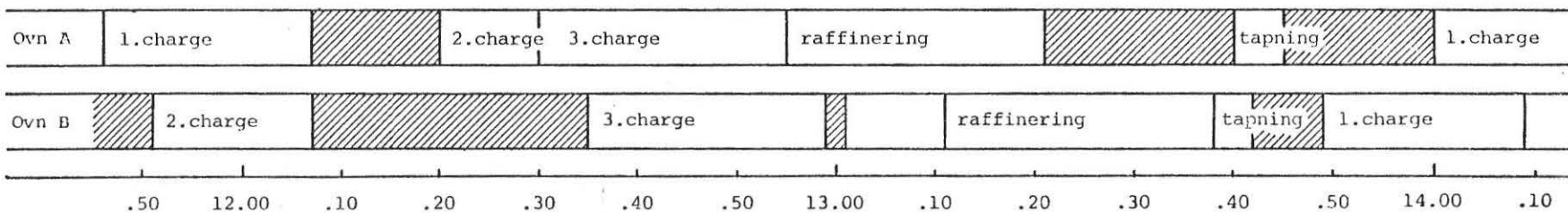
12. august 1980

Analyse nr.: 2 Mikrofonposition: A Frekvensområde: 2-20 Hz Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.



Frekvensanalyse ☐ 21 ☐ 22

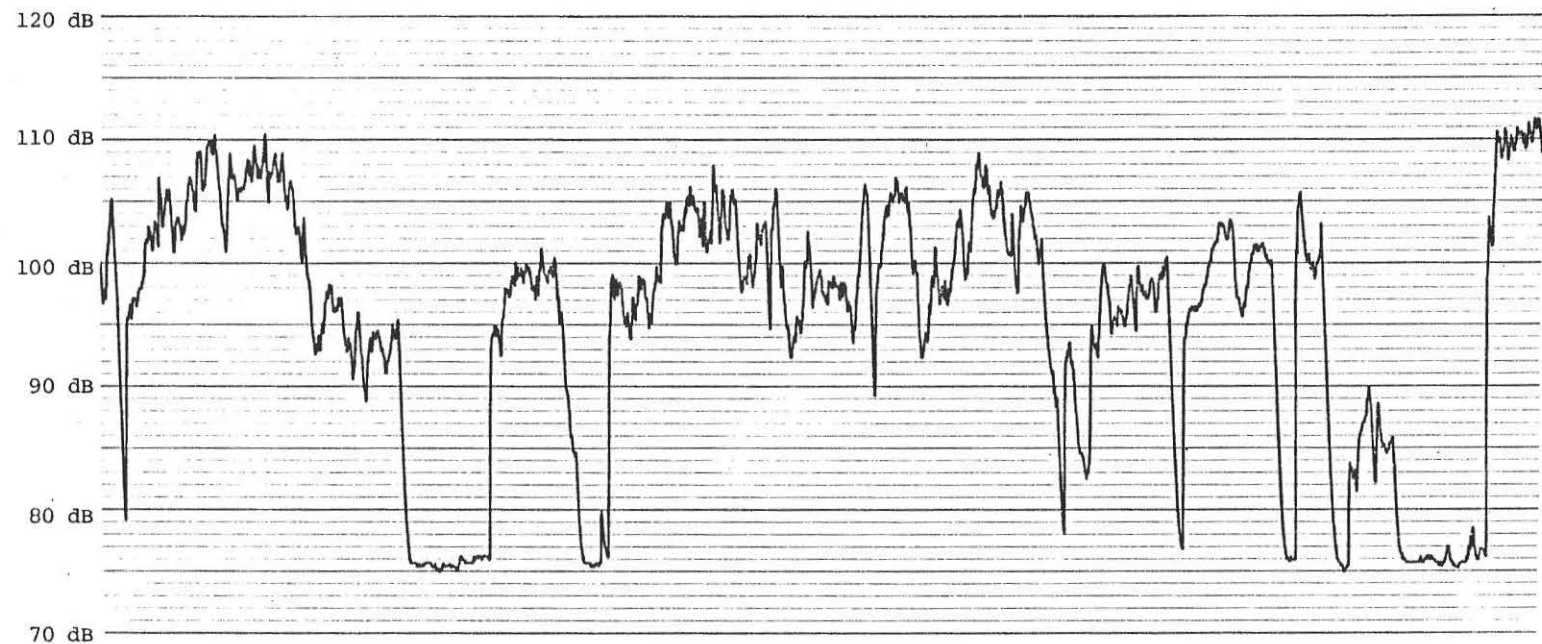


12. august 1980

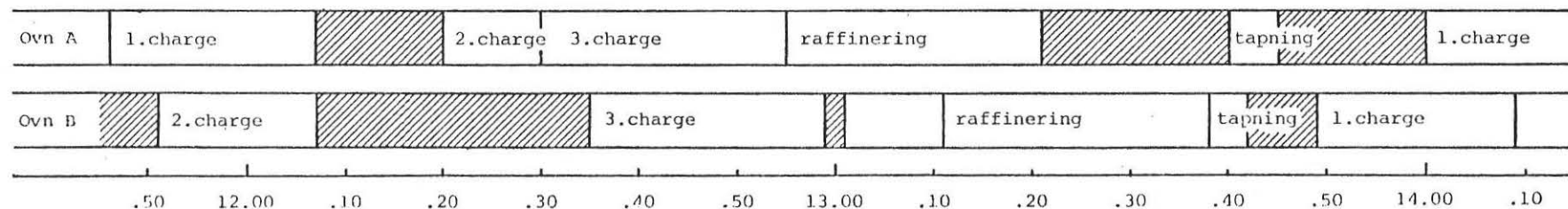
Analyse nr.: 3 Mikrofonposition: A Frekvensområde: 20-100 Hz Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.





Frekvensanalyse ☐ 21 ☐ 22



12. august 1980

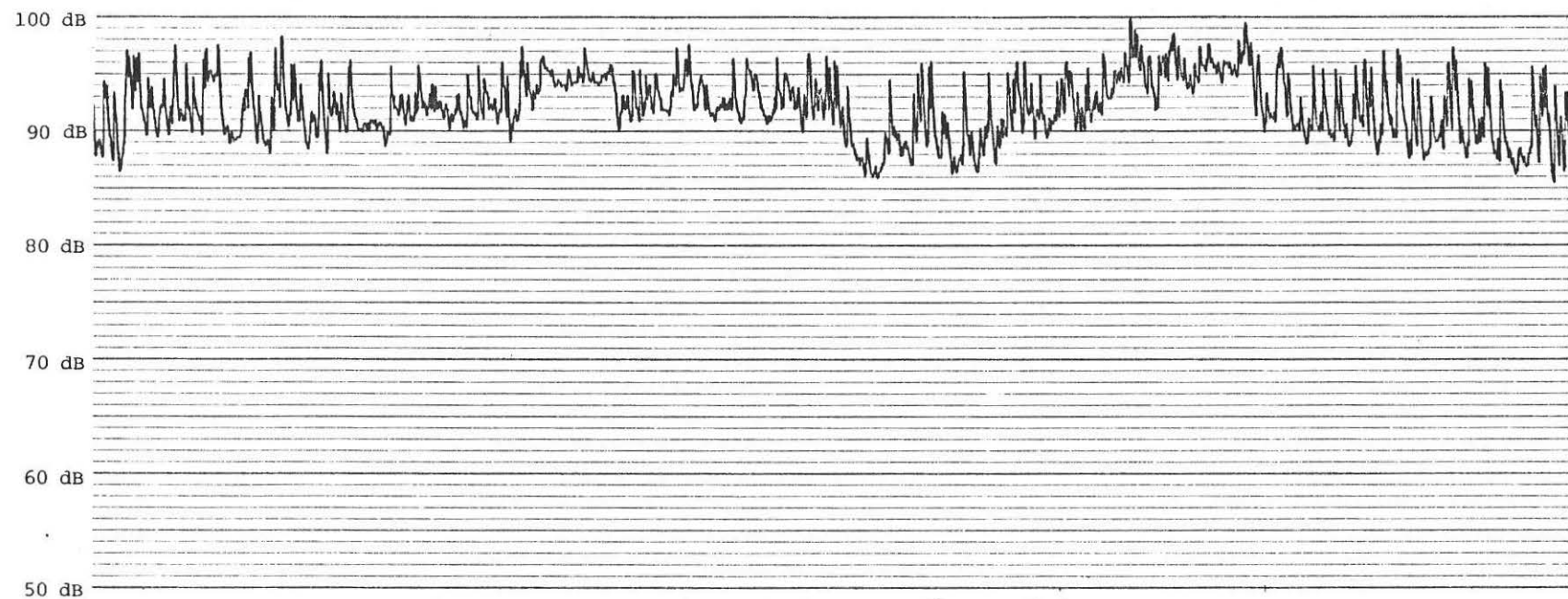
Analyse nr.: 4

Mikrofonposition: A

Frekvensområde:  $\frac{100 \text{ Hz}}{1/3 \text{ okt}}$

Tidskonstant: 20 s

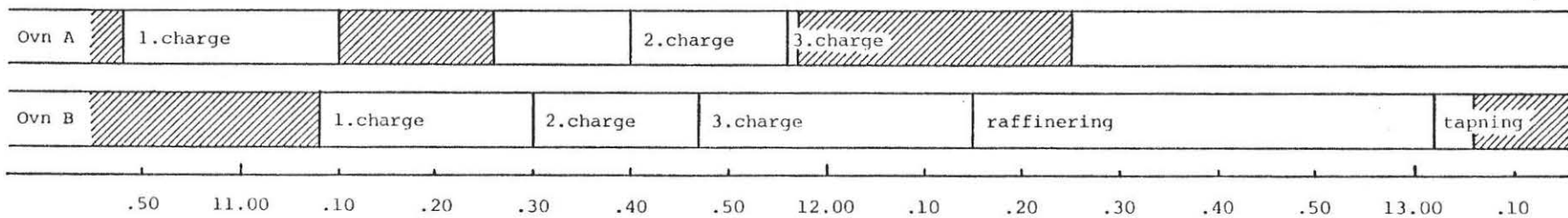
De skraverede arealer angiver produktionsstop.



Frekvensanalyse

□ 23

□ 24

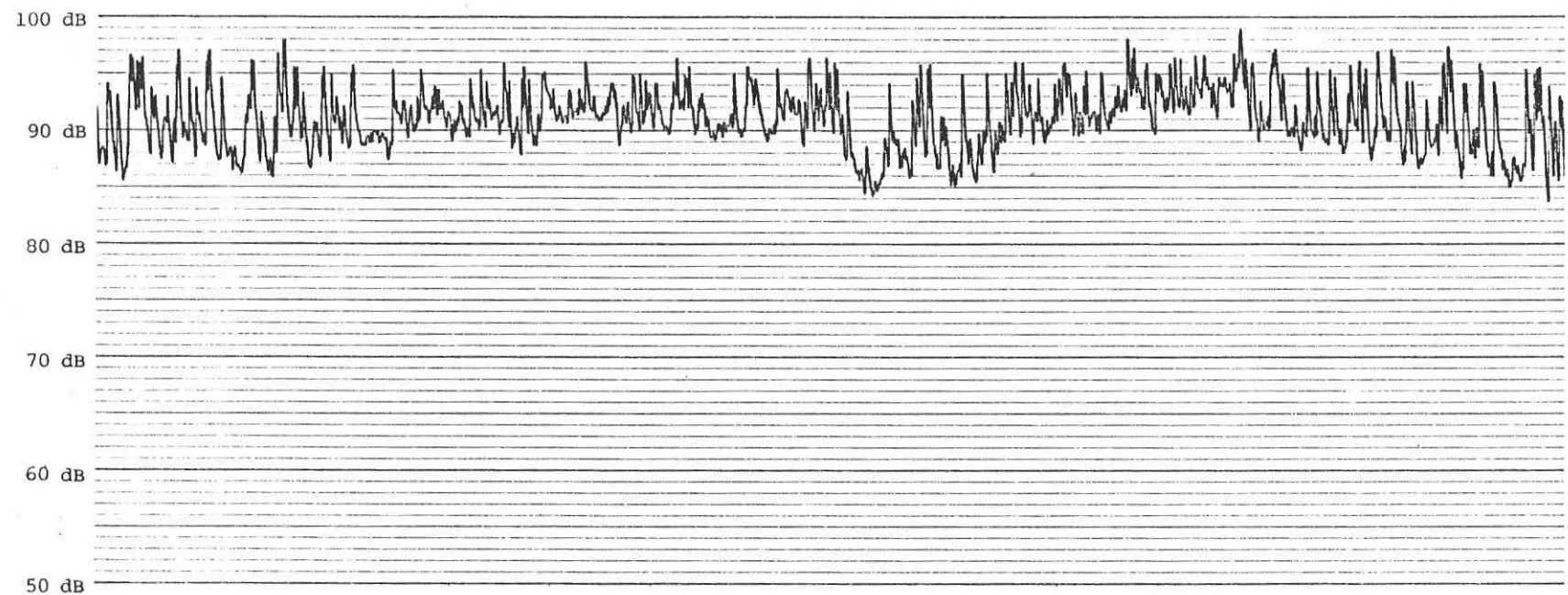


9. september 1980

Analyse nr.: 5 Mikrofonposition: B Frekvensområde: 2-100 Hz Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.

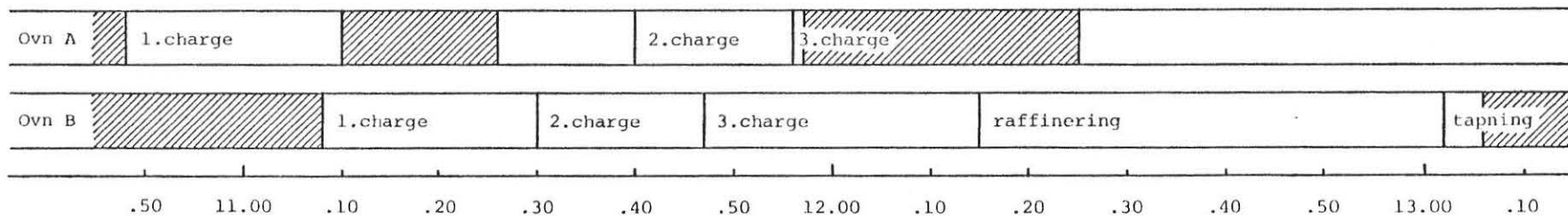




Frekvensanalyse

□ 23

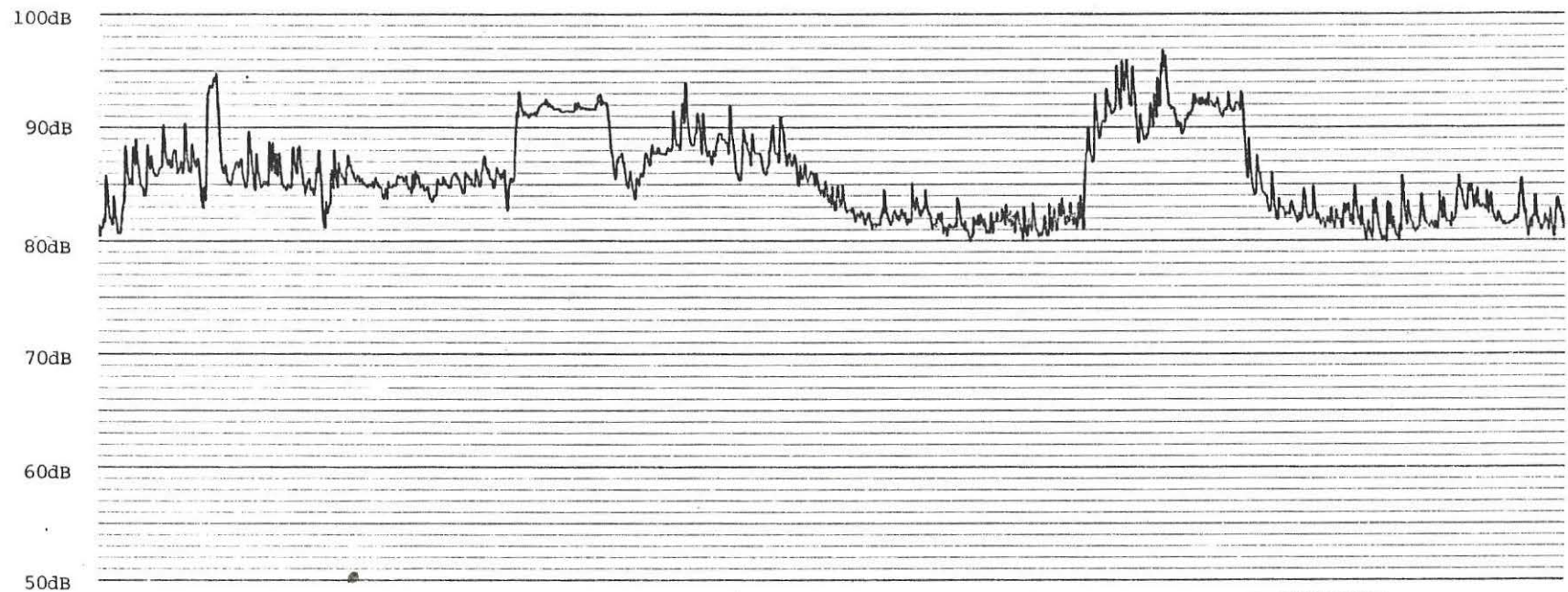
□ 24



9. september 1980

Analyse nr.: 6 Mikrofonposition: B Frekvensområde: 2-20 Hz Tidskonstant: 20 s

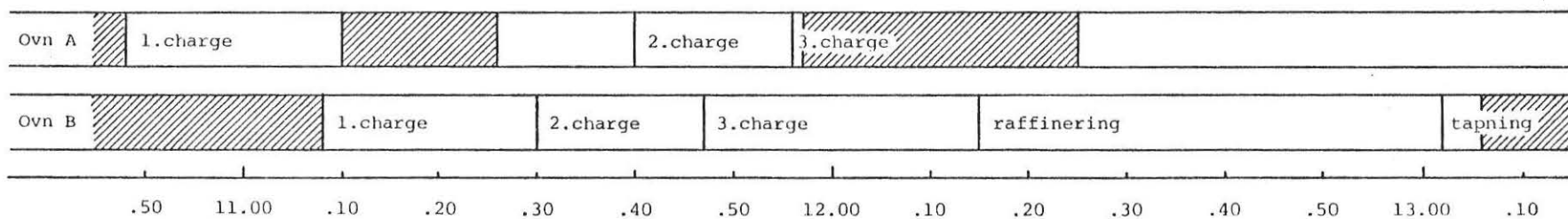
De skraverede arealer angiver produktionsstop.



Frekvensanalyse

23

24

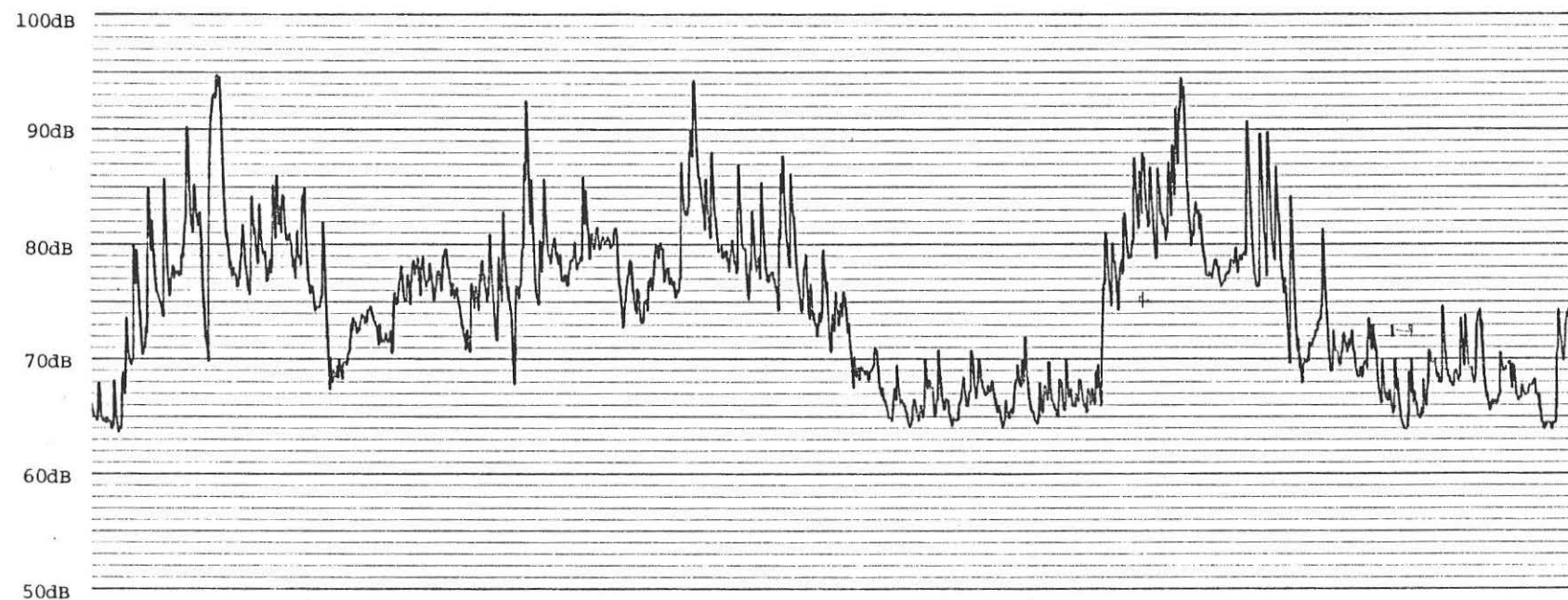


9. september 1980

Analyse nr.: 7 Mikrofonposition: B Frekvensområde: 20-100 Hz Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.

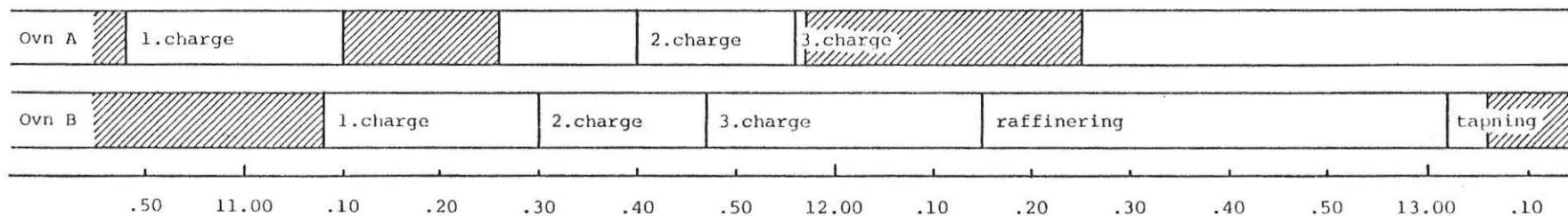




Frekvensanalyse

□ 23

□ 24

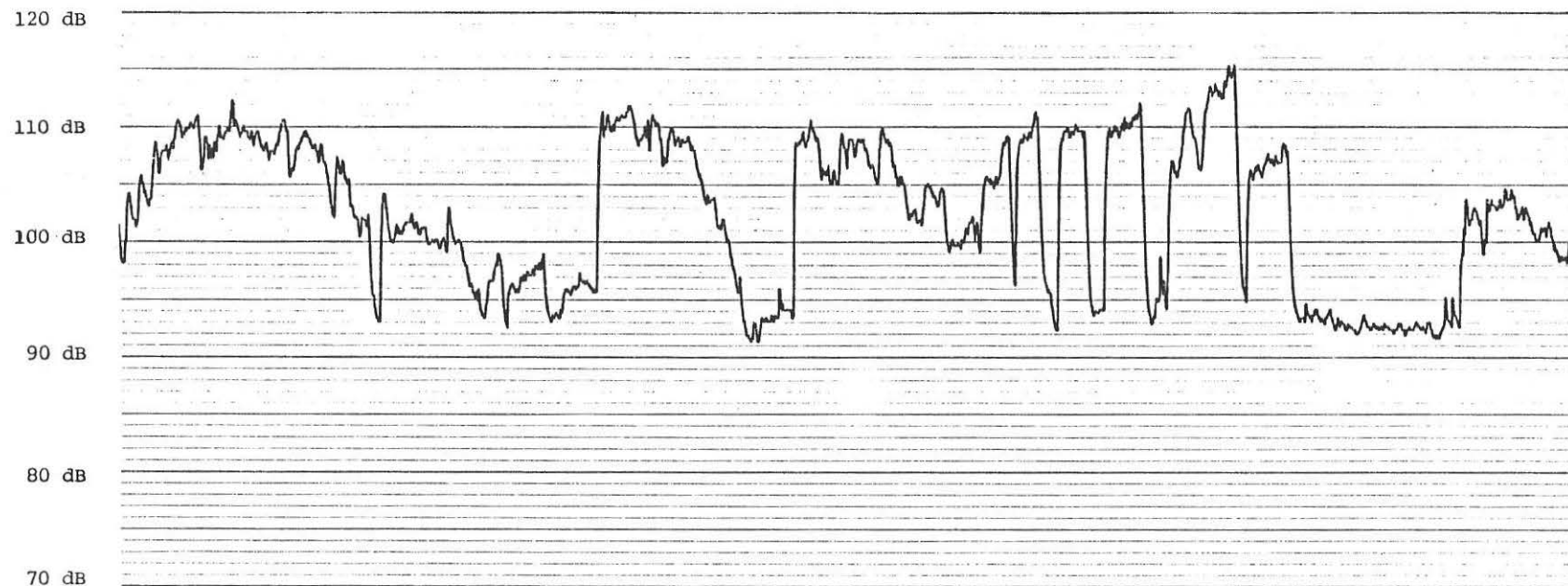


9. september 1980

Analyse nr.: 8 Mikrofonposition: B Frekvensområde: 100 Hz Tidskonstant: 20 s

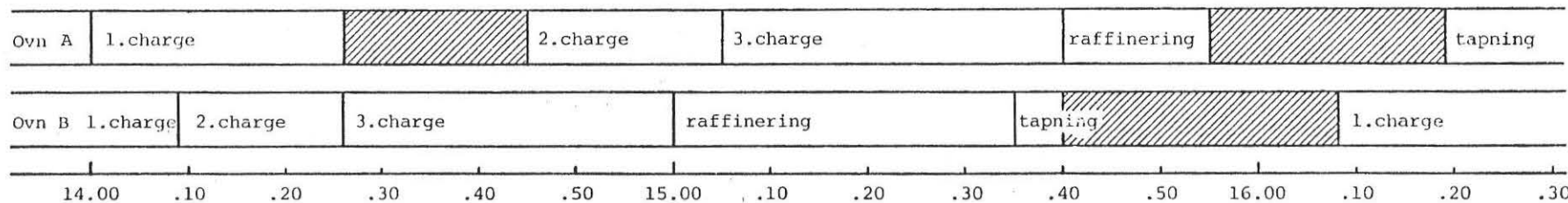
De skraverede arealer angiver produktionsstop.

1/3 okt



Frekvensanalyse

□ 25 □ 26



12. august 1980

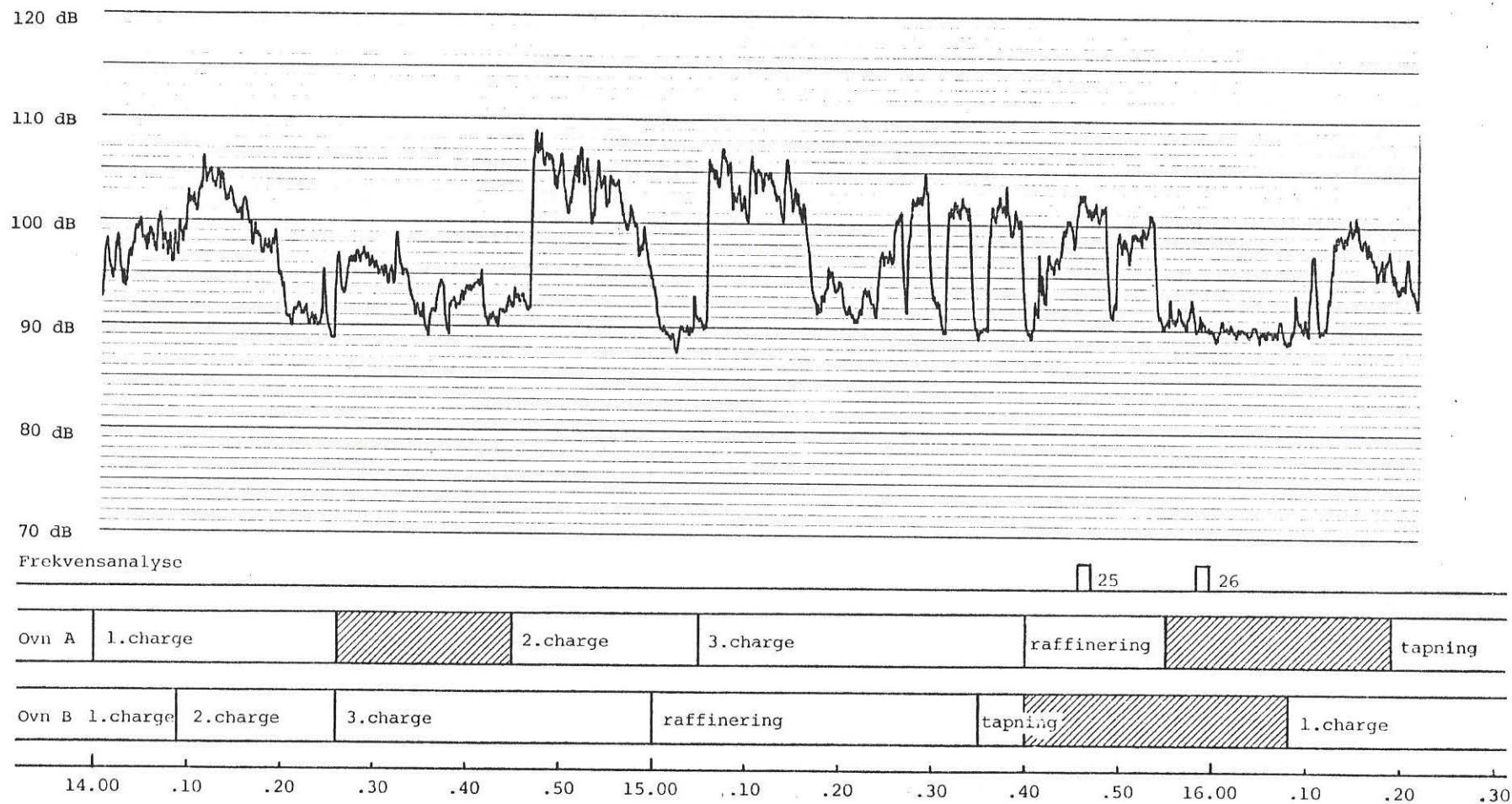
Analyse nr.: 9 Mikrofonposition: C

Frekvensområde: 2-100 Hz

Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.

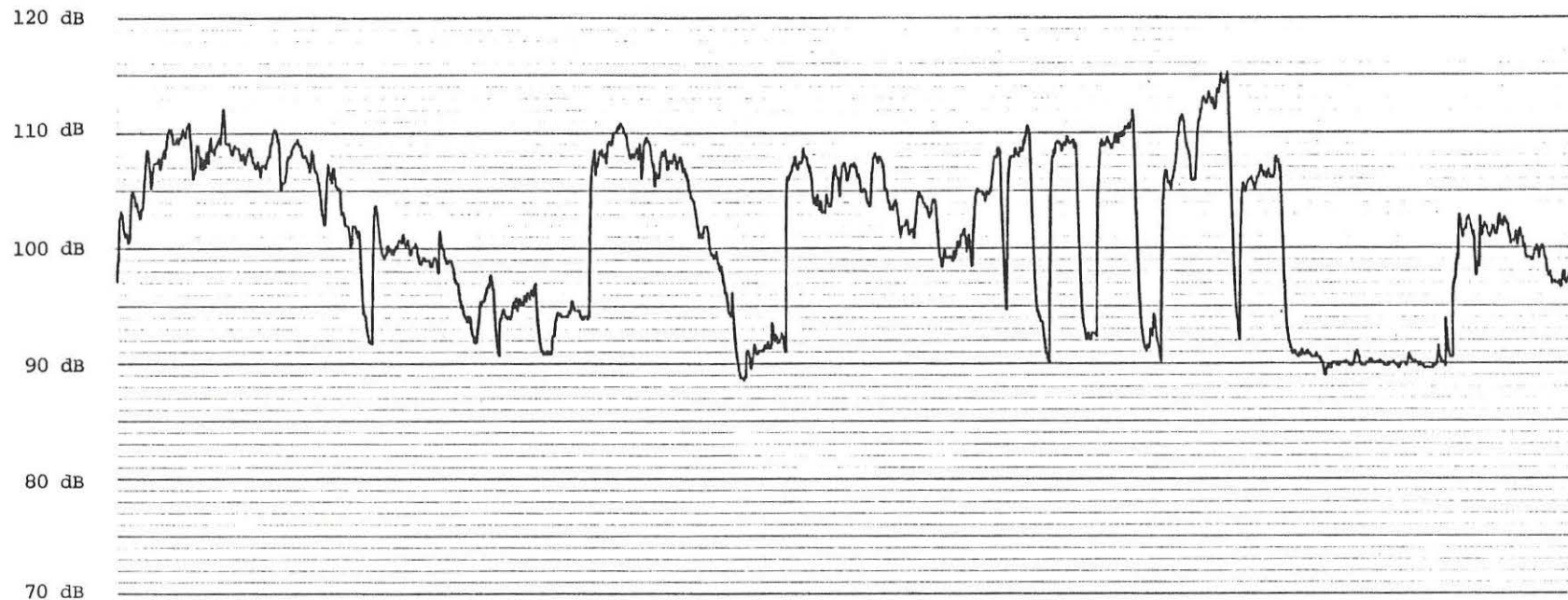




12. august 1980

Analyse nr.: 10 Mikrofonposition: C Frekvensområde: 2-20 Hz Tidskonstant: 20 s

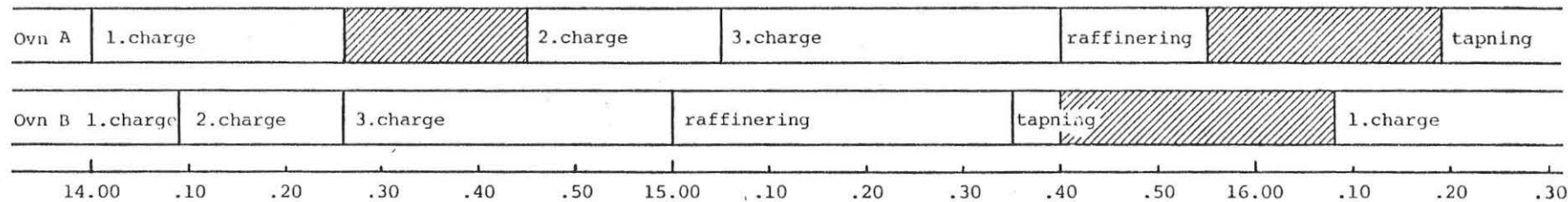
De skraverede arealer angiver produktionsstop.



Frekvensanalyse

□ 25

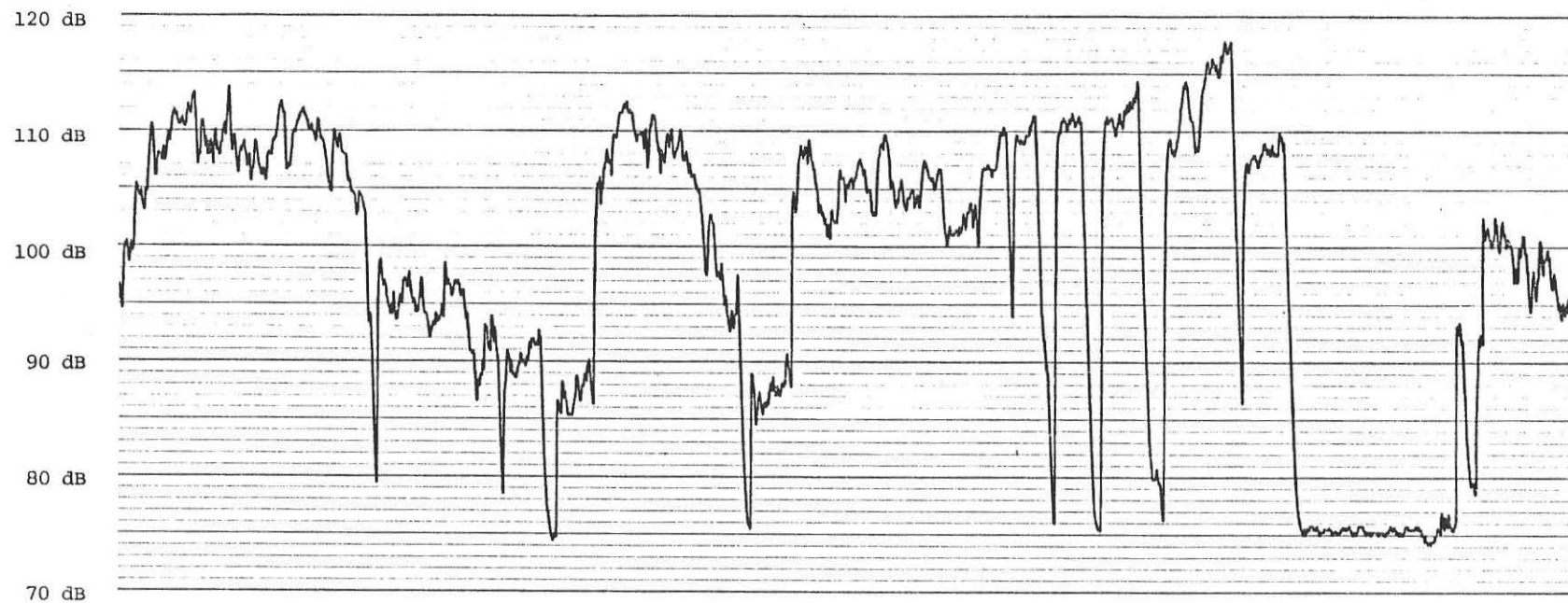
□ 26



12. august 1980

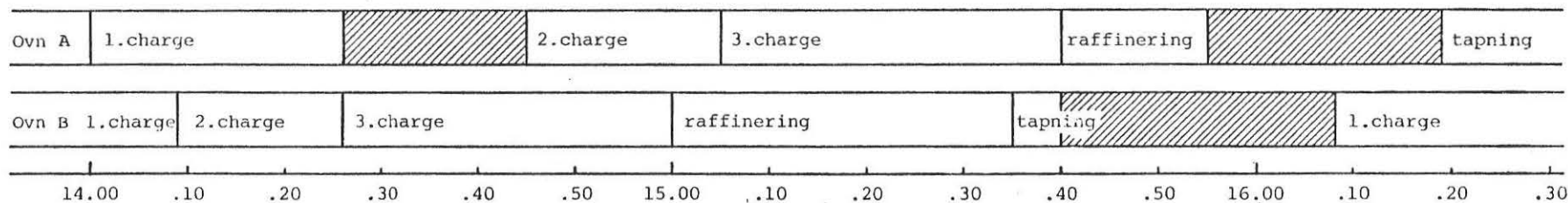
Analyse nr.: 11 Mikrofonposition: C Frekvensområde: 20-100 Hz Tidskonstant: 20 s  
 De skraverede arealer angiver produktionsstop.





Frekvensanalyse

□ 25 □ 26



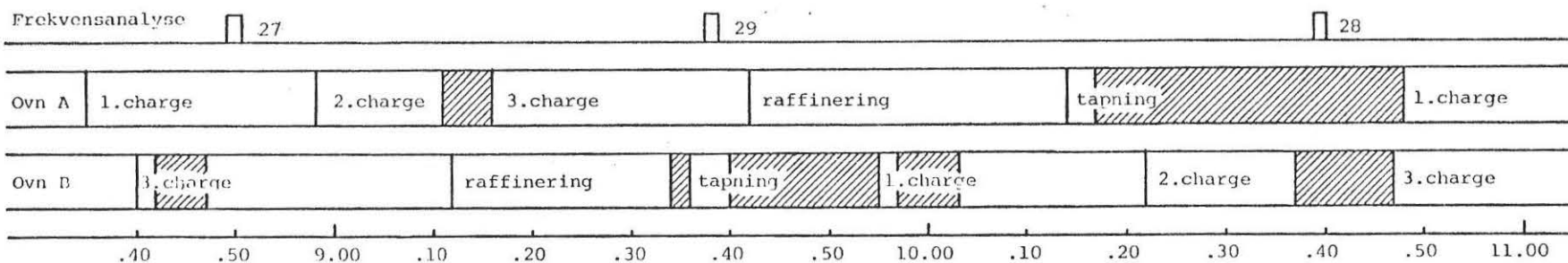
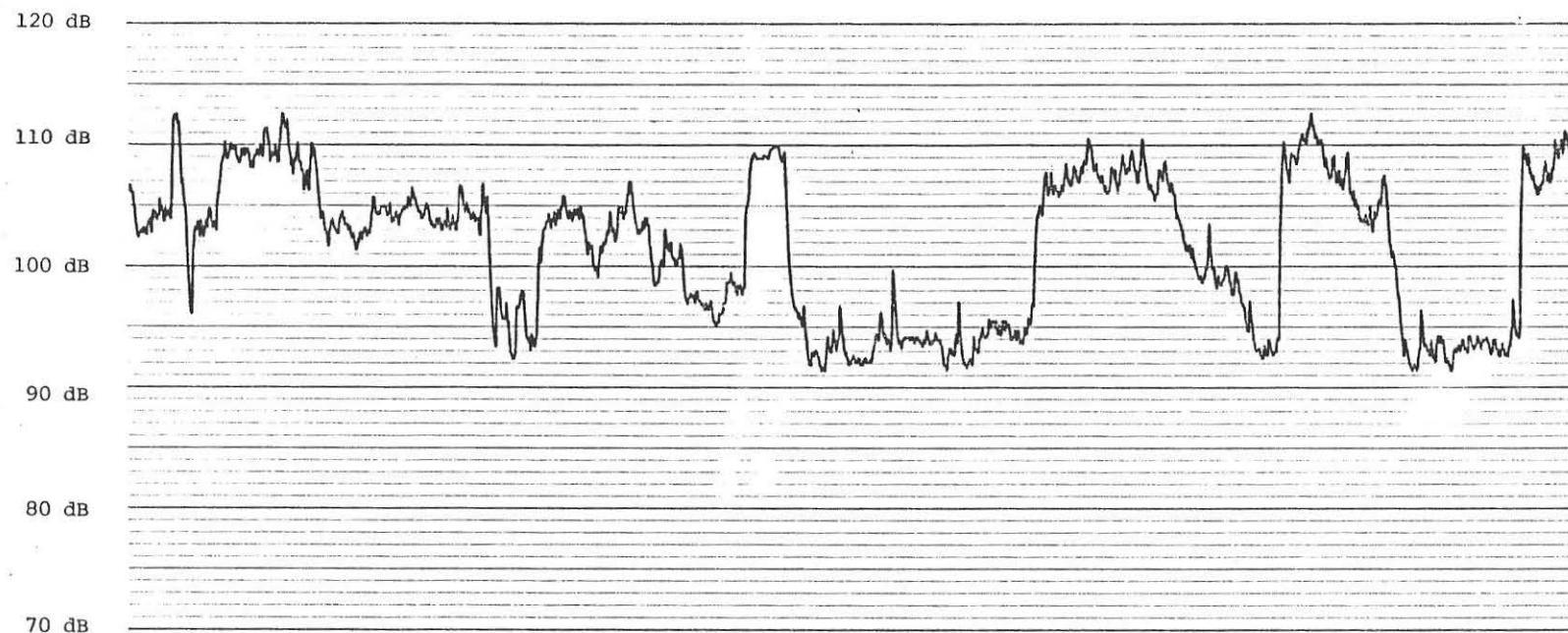
12. august 1980

Analyse nr.: 12 Mikrofonposition: C

Frekvensområde: 100 Hz  
1/3 okt

Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.



13. august 1980

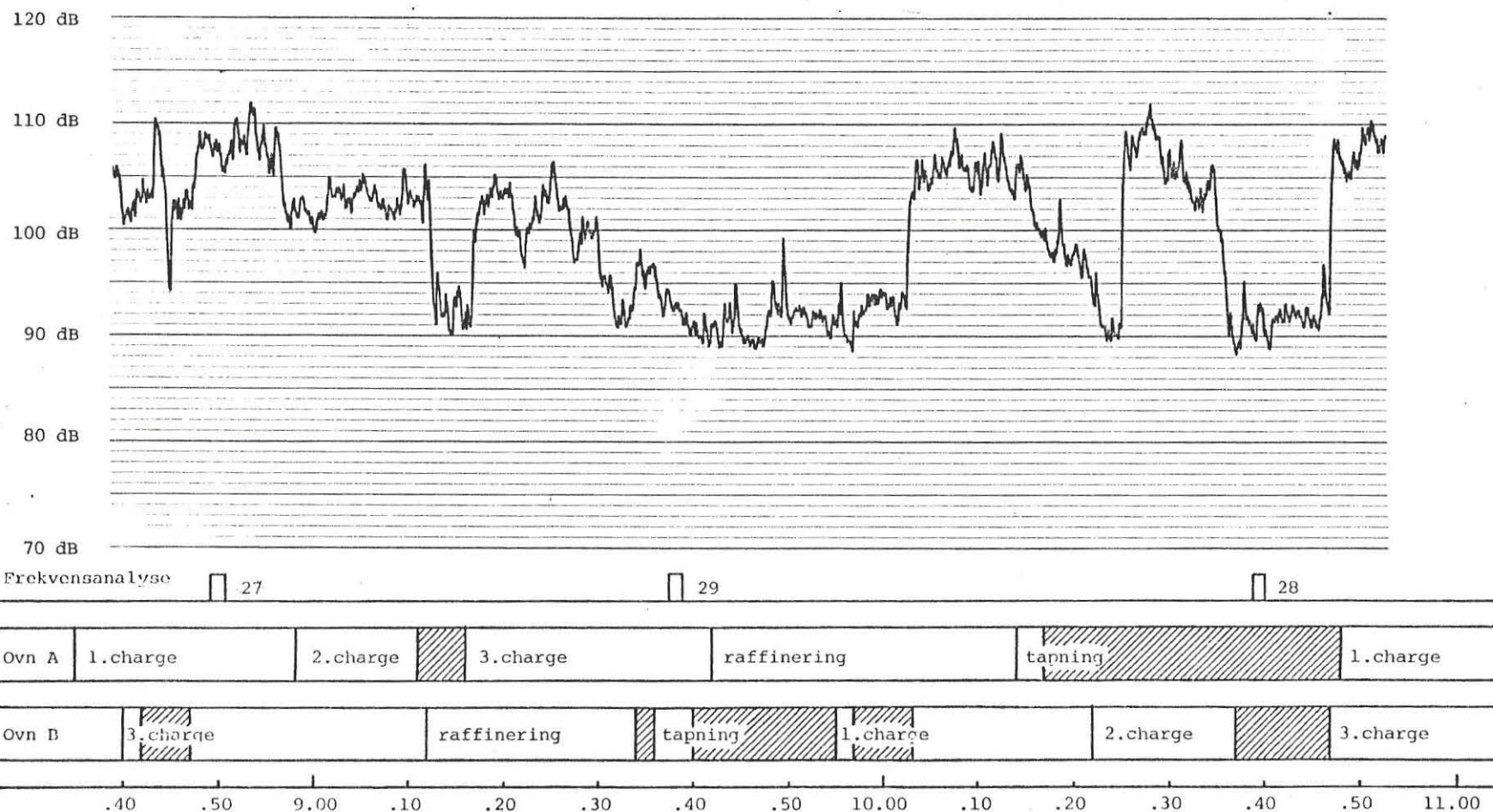
Analyse nr.: 13

Mikrofonposition: D

Frekvensområde: 2-100 Hz

Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.



13. august 1980

Analyse nr.: 14

Mikrofonposition: D

Frekvensområde: 2-20 Hz

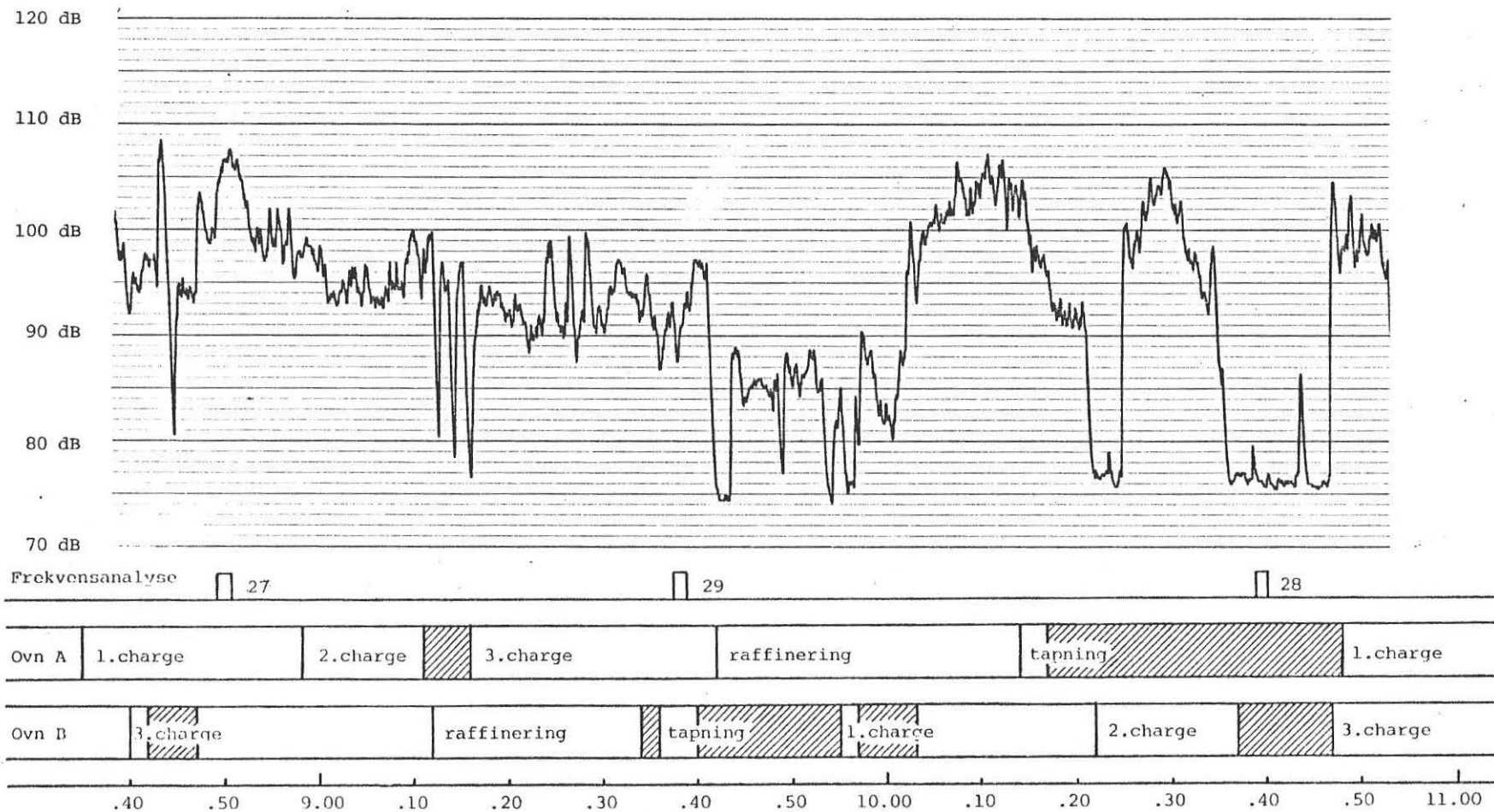
Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.









13. august 1980

Analyse nr.: 16

Mikrofonposition: D

Frekvensområde: 100 Hz  
1/3 okt

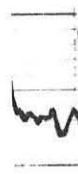
Tidskonstant: 20 s

De skraverede arealer angiver produktionsstop.

Mikrofonposition: E      Tidskonstant: 20 s

13. august 1980 kl. ca. 11.00

90dB



80dB



70dB



60dB

Analyse nr.:

17

18

19

20

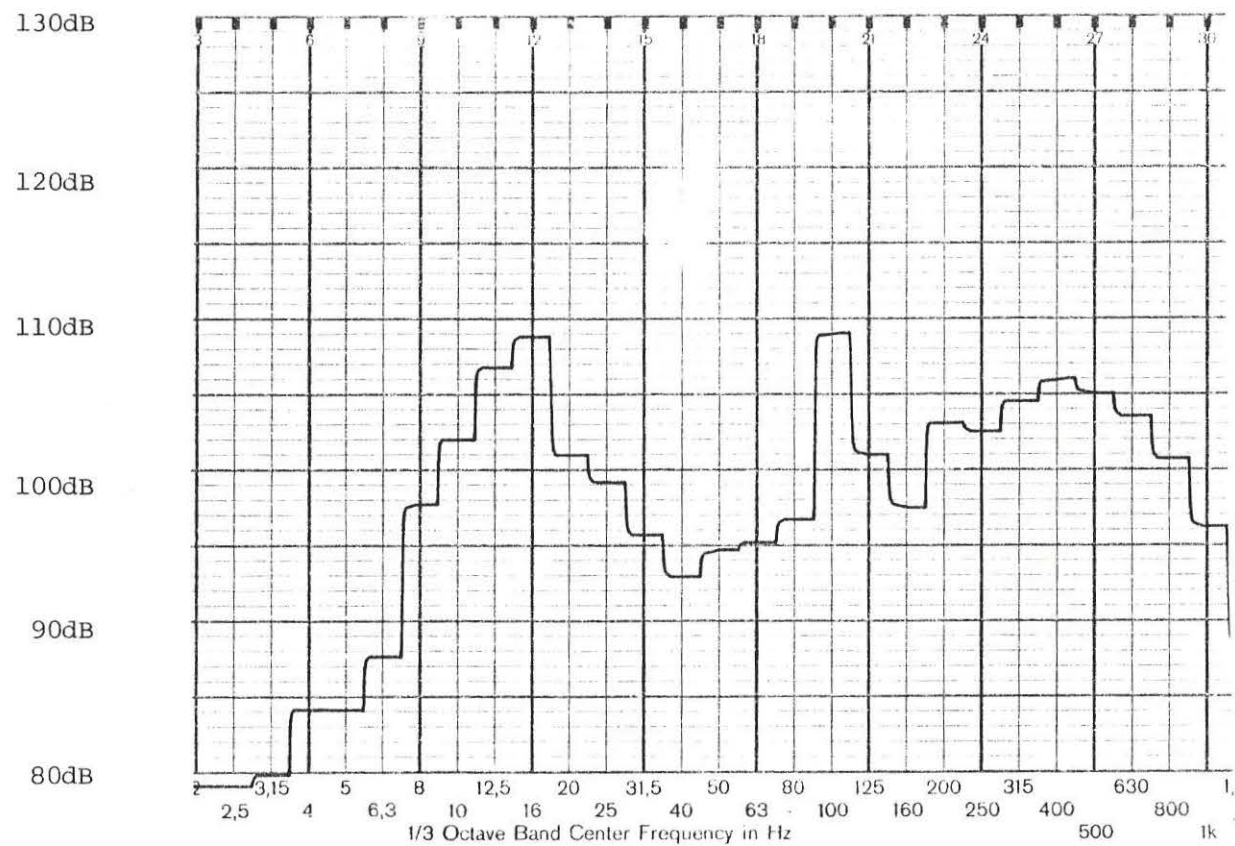
Frekvensområde:

2-100 Hz

2-20 Hz

20-100 Hz

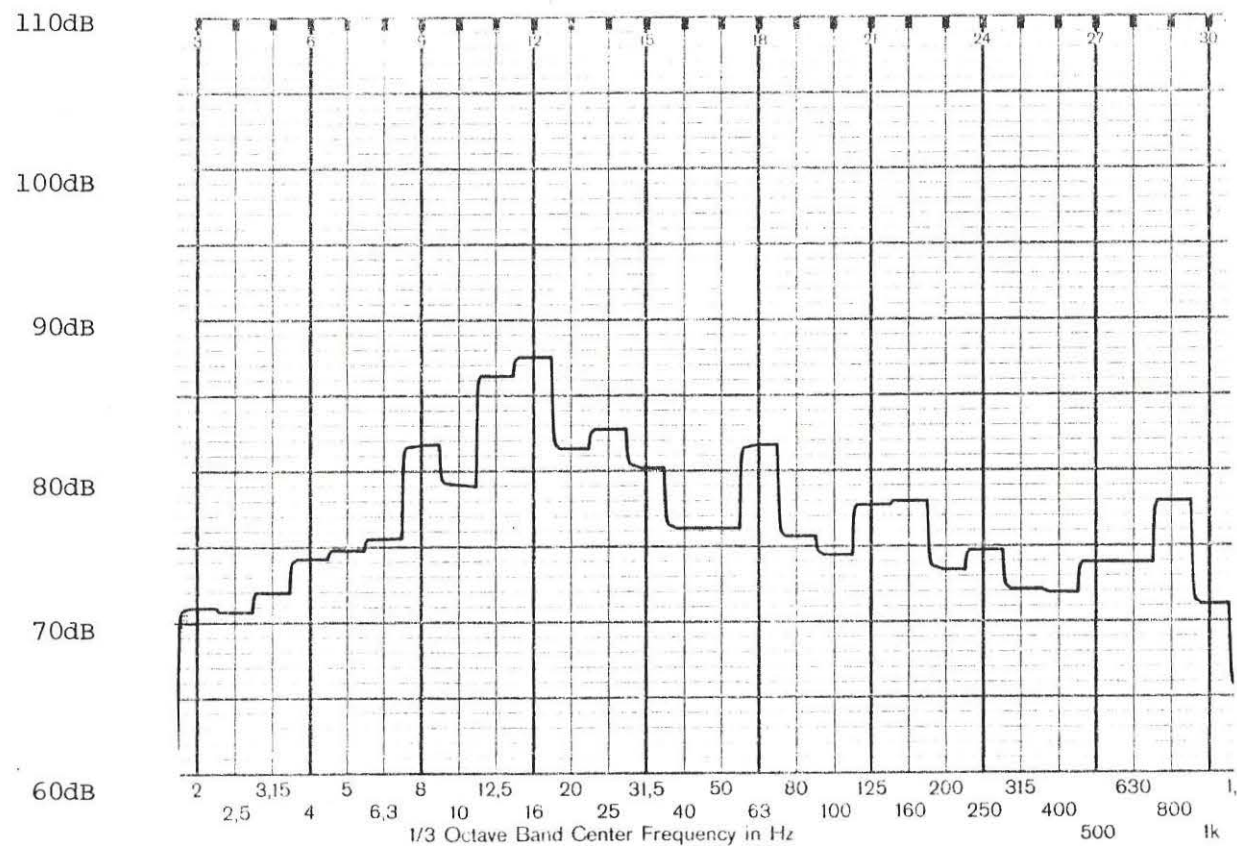
100 Hz 1/3 oktav



Analyse nr.: 21

Måleposition: A

Analysetid: 80 s

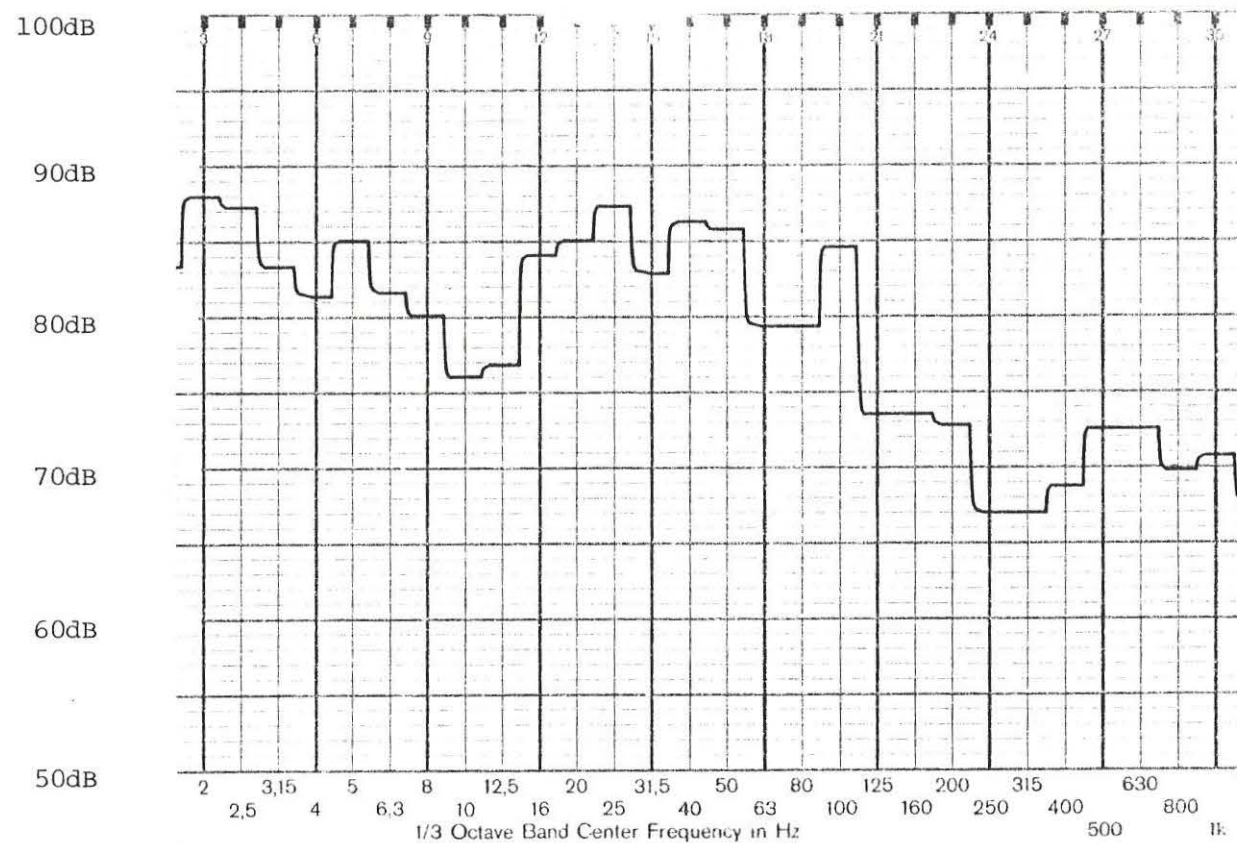


Analyse nr.: 22

Måleposition: A

Analysetid: 80 s

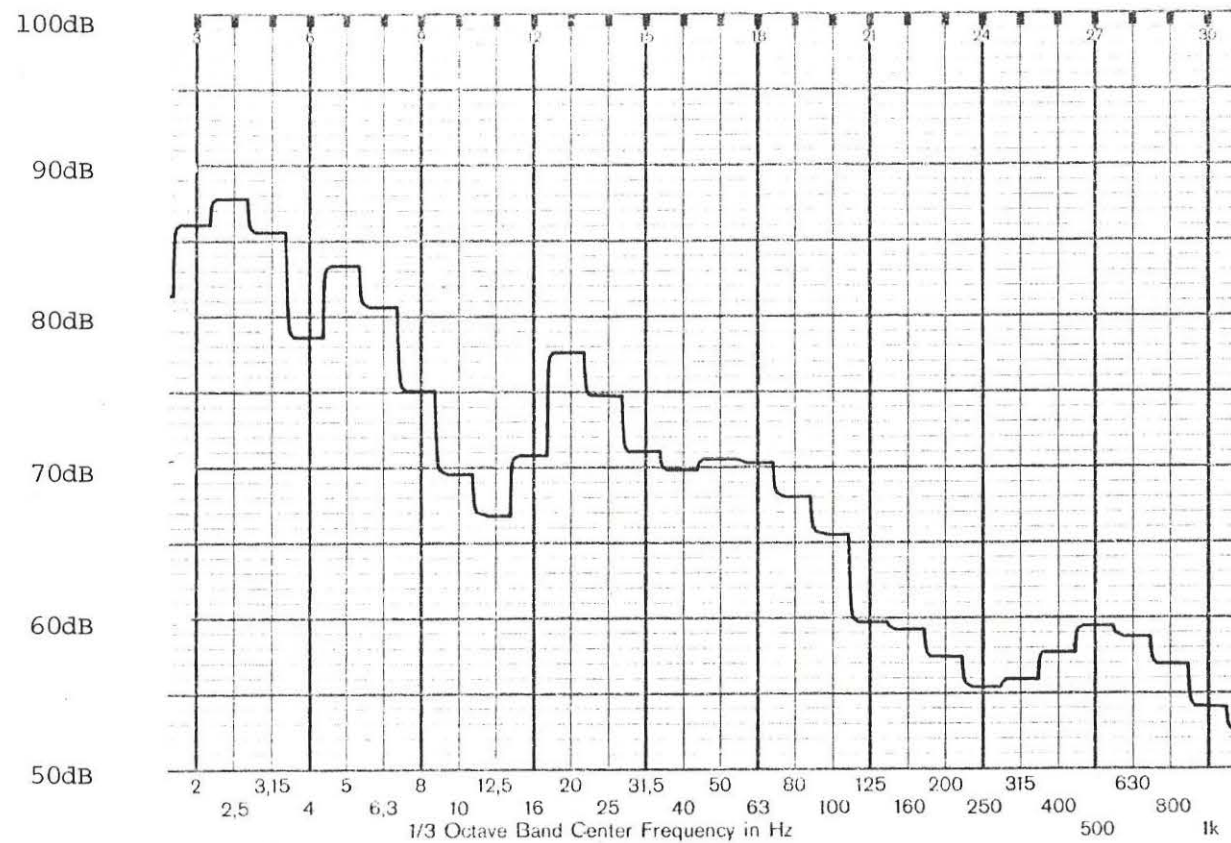




Analyse nr.: 23

Måleposition: B

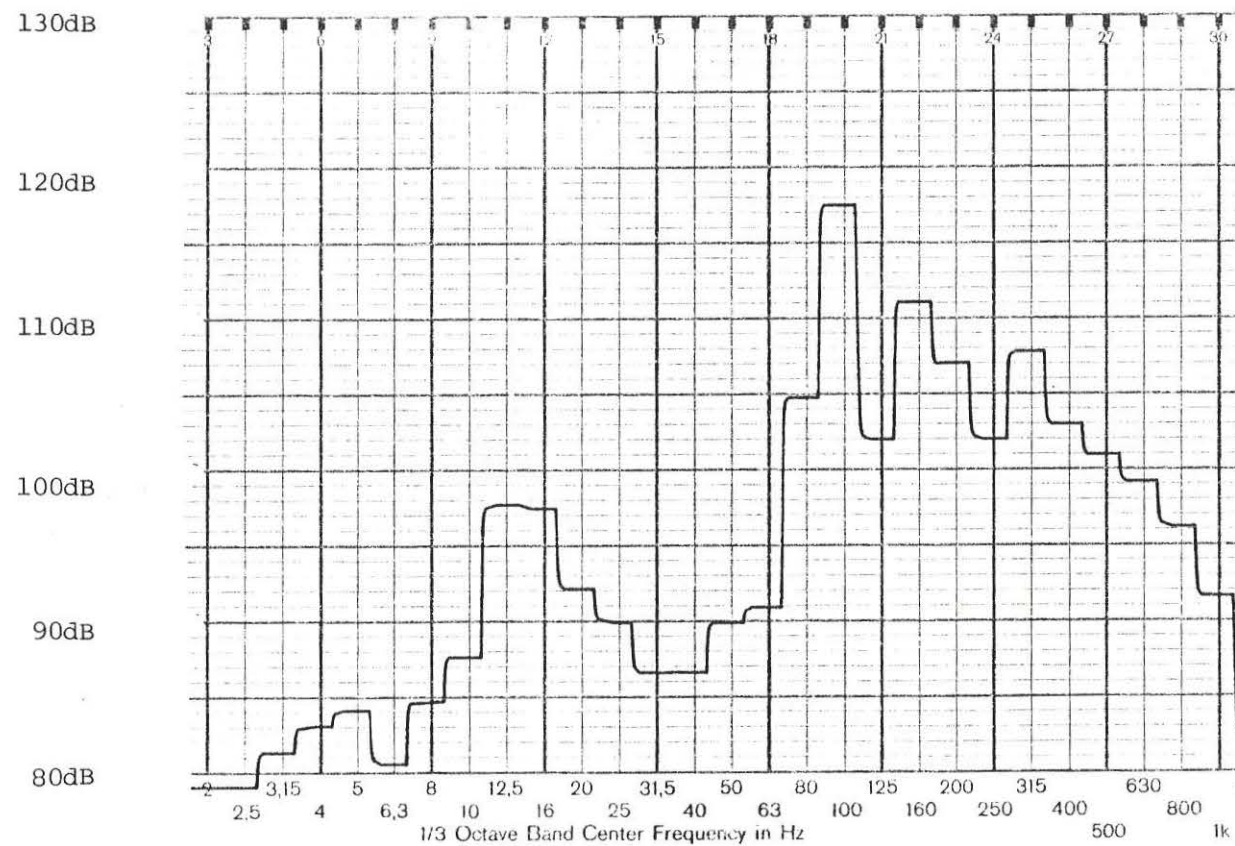
Analysetid: 80 s



Analyse nr.: 24

Måleposition: B

Analysetid: 80 s

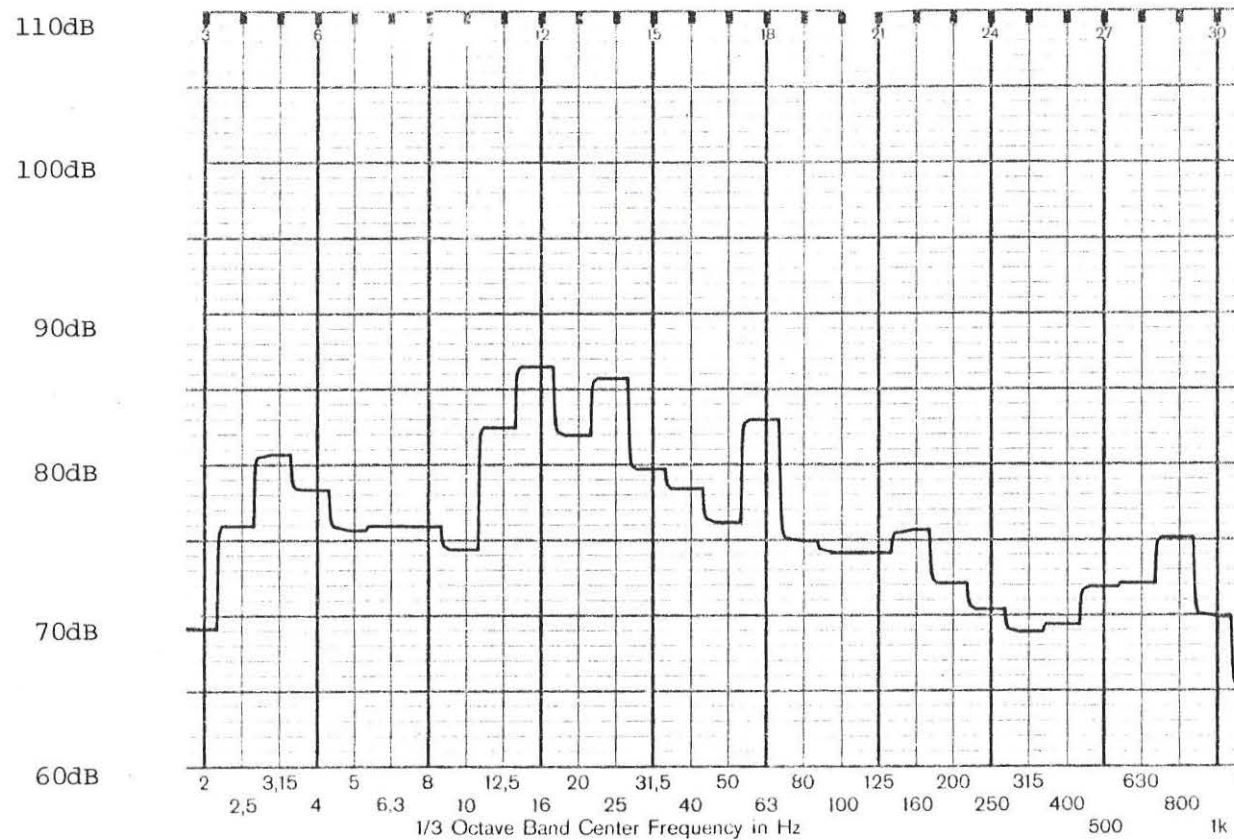


Analyse nr.: 25

Måleposition: C

Analysetid: 80 s

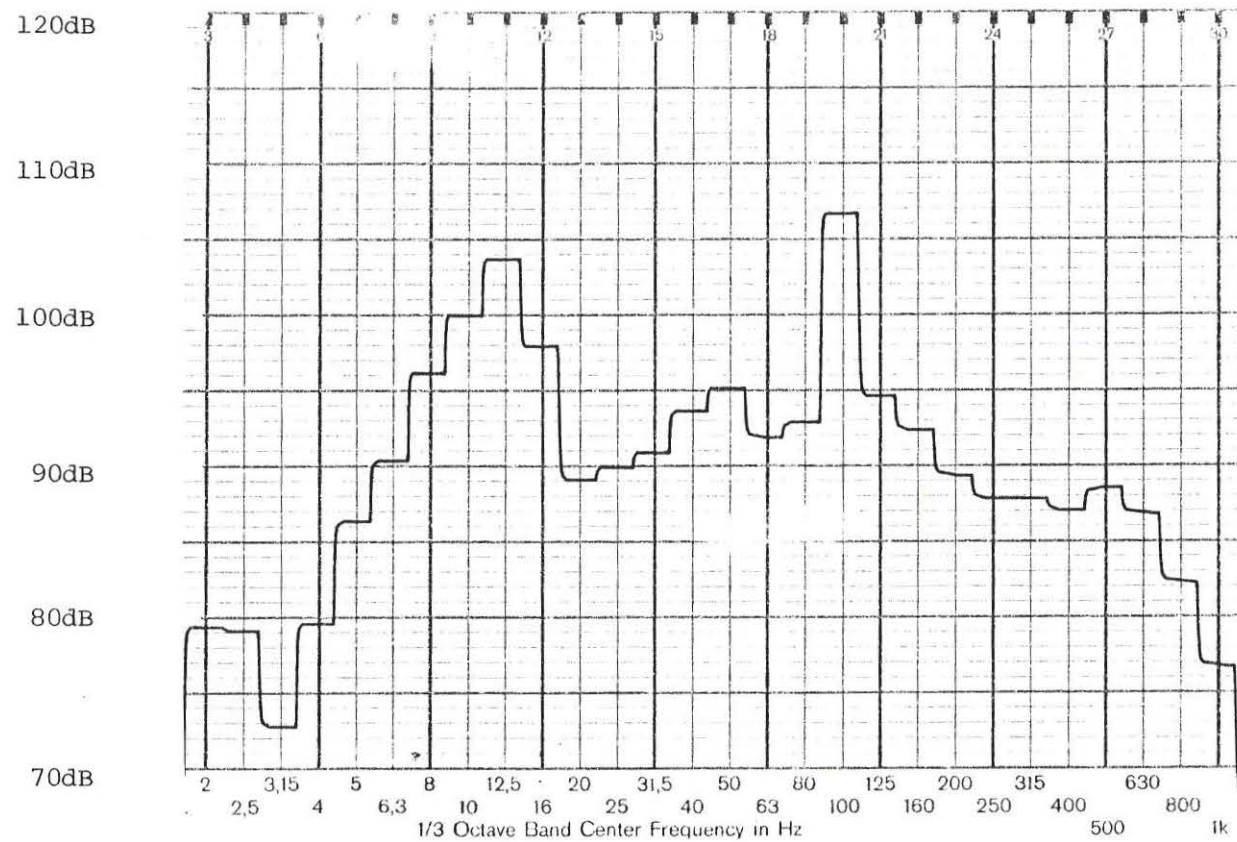




Analyse nr.: 26

Måleposition: C

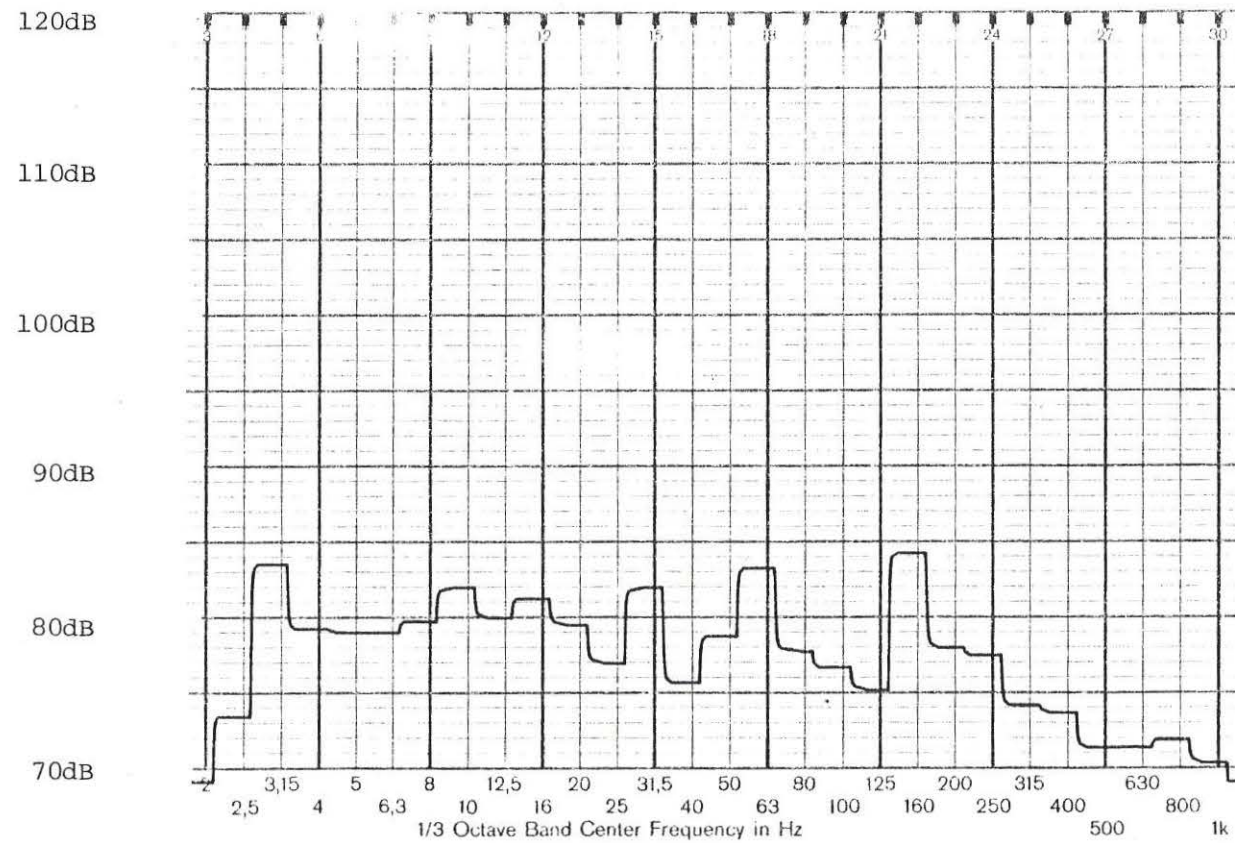
Analysetid: 80 s



Analyse nr.: 27

Måleposition: D

Analysetid: 80 s

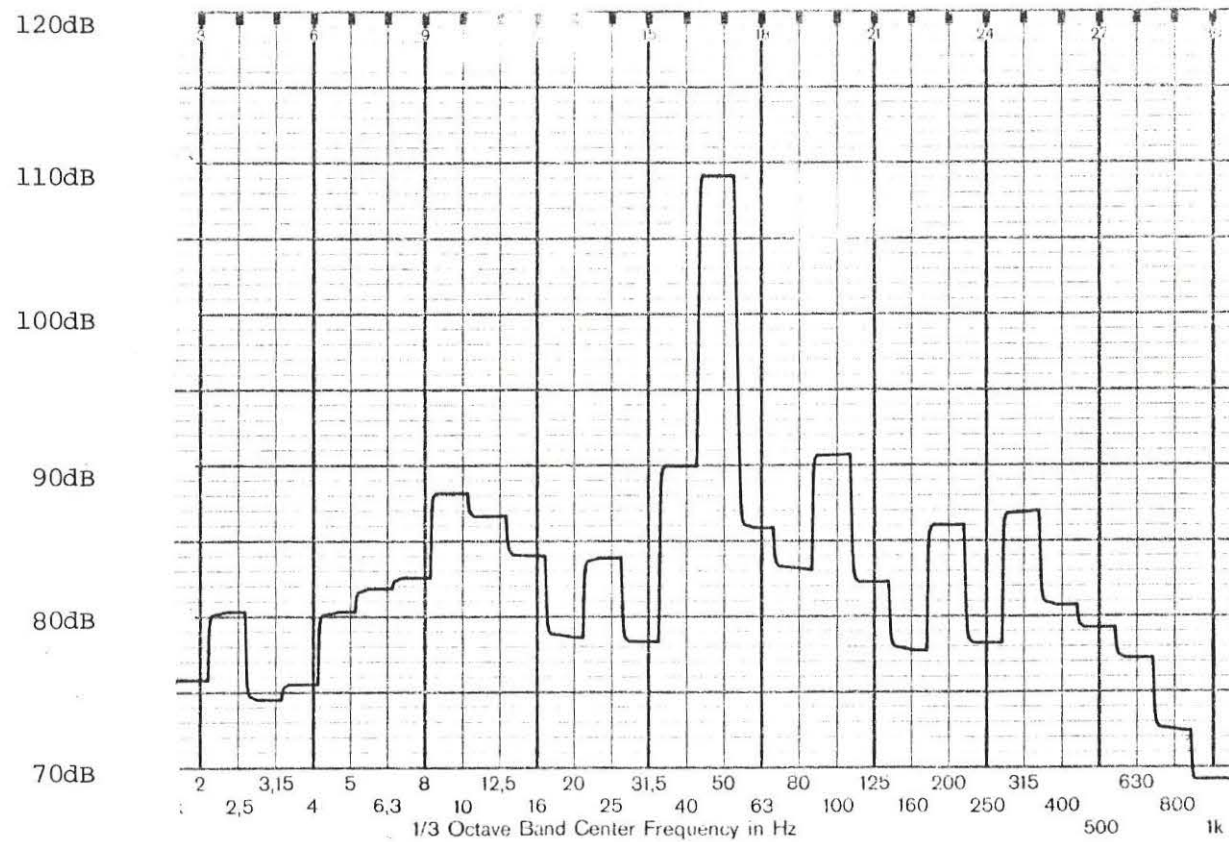


Analyse nr.: 28

Måleposition: D

Analysetid: 80 s

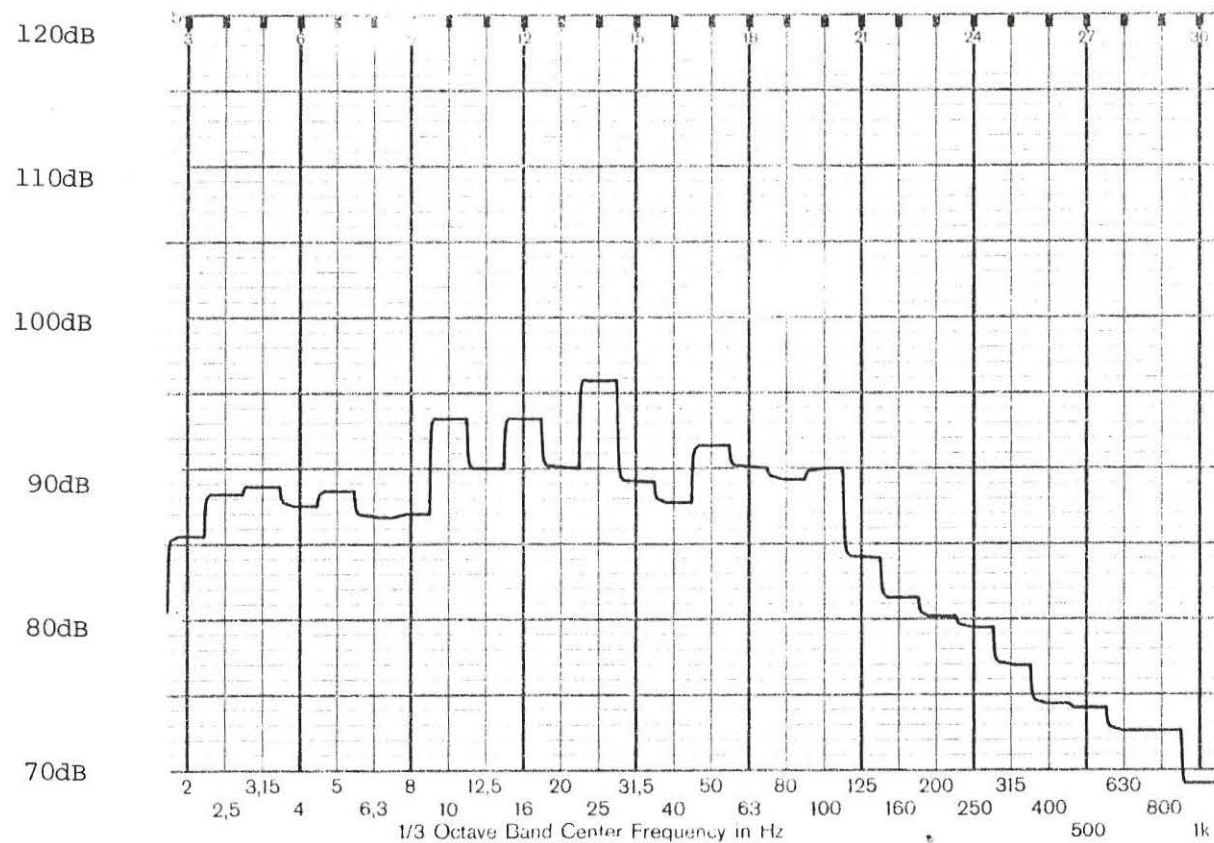




Analyse nr.: 29

Måleposition: D

Analysetid: 80 s



Analyse nr.: 30

Måleposition: E

Analysetid: 80 s

LITTERATURFORTEGNELSE

## Referencer:

1.   Arbetarskyddsstyrelsen: Infraljud och ultraljud i arbetslivet. Arbeterskyddsstyrelsens anvisningar nr. 110:1, Stockholm, 1978.
2.   Arbeidstilsynet, Direktoratet for: Utkast til generelle forskrifter om støy på arbeidplassen, Oslo, 30.3.1979.
3.   Gierke, Henning E. von: Guidelines for preparing environmental impact statements on noise. Report of Working Group 69 on Evaluation of Environmental Impact of Noise. Committee on Hearing, Bioacoustic and Biomechanics. National Academy of Sciences, Washington DC, 1977.
4.   Henrik Møller, Per Rubak (editors): Proceedings of the Conference on Low Frequency Noise and Hearing, 7-9 May 1980 in Aalborg, Denmark.